

O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COMO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

Patricia Alvarez Cabanêz

Engenheira Agrônoma e Pós-Graduanda em Agroecologia/IFES - Campus de Alegre ES E – mail kamilafassarella@hotmail.com

Kamila Machado Fassarella

Engenheira Agrônoma e Pós-Graduanda em Agroecologia/IFES - Campus de Alegre ES E – mail kamilafassarella@hotmail.com

Thiago Marques Teixeira Silva

Engenheiro Agrônomo e Pós-Graduando em Agroecologia/IFES - Campus de Alegre E – mail tatau_ufes@hotmail.com

Jéferson Luiz Ferrari

Mestre em Ciências do Solo/UFRRJ e Doutorando em Produção Vegetal/UENF. E – mail ferrarijuliz@gmail.com

Resumo: Recentemente, as questões relativas às mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa têm despertado a atenção de toda a sociedade, uma vez que estudos científicos têm demonstrado que os crescentes volumes de emissões de gases do efeito estufa (GEE), que vem se acumulando na atmosfera terrestre, podem trazer uma série de consequências econômicas, sociais e ambientais. O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), instituído pelo Protocolo de Quioto há quatorze anos, permite que países desenvolvidos e poluidores invistam em projetos de redução de emissão de GEE em países em desenvolvimento. No Brasil, um destes países potenciais, além dos projetos já consolidados nos setores florestal e energético para mitigar a emissão dos GEE, há outros projetos sendo estudados como é o caso do sistema de plantio direto (SPD), que devido ao enorme crescimento em área, tem a possibilidade de ser aceito no MDL, até 2012. A utilização do SPD, além do papel de seqüestro de carbono, também pode promover o aumento da produtividade agrícola, melhorar a fertilidade do solo e a qualidade da água. Este trabalho de revisão bibliográfica tem por objetivo suscitar a discussão deste importante sistema agroecológico como alternativa viável de mecanismo de desenvolvimento limpo.

Palavras-chave: gases de efeito estufa, aquecimento global, crédito de carbono, certificado de emissão reduzida, Protocolo de Quioto

TILLAGE SYSTEM AS CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM

Abstract: The greenhouse gas (GHG) emissions from human activities have increased considerably and, therefore, there was global warming. This warming could lead to changes in climate, ecological, economic and social. The clean development mechanism (CDM), established by the Kyoto Protocol, allows developed countries and polluters to invest in projects that reduce GHG emissions in developing countries. In Brazil, in addition to projects in the forestry and energy sectors, there are projects with the use of direct seeding (SPD) to mitigate the emission of greenhouse gases, and these projects have the possibility of being accepted in the CDM 2012. The use of the SPD can also promote increased agricultural productivity, improve soil fertility and water quality. This work of literature review aims to raise the discussion of this important agro-ecological system as a viable alternative for clean development mechanism.

Key words: greenhouse gases, global warming, carbon credits, certified low emission, the Kyoto Protocol

INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente começou a emergir internacionalmente em meados do século XX, diante da percepção que a degradação ambiental, proveniente de práticas humanas insustentáveis, poderia gerar consequências desastrosas (SALES e SALES, 2010; NASCIMENTO et al., 2011).

Acordos internacionais firmados em Estocolmo, na Rio-92, em Quioto e na Rio+10 entre outros, bem como os estudos científicos que têm demonstrado os crescentes volumes de emissões de gases do efeito estufa (GEE) na

atmosfera terrestre associados ao aquecimento global, às mudanças climáticas e às suas possíveis consequências econômicas, sociais e ambientais (IPCC, 2001; SEGRETI e BRITO, 2006; NOBRE, 2008), têm colaborado para o despertar da humanidade em relação a importância do tema ambiental.

Este trabalho de revisão bibliográfica tem por objetivo suscitar a discussão do sistema de plantio direto como alternativa viável de mecanismo de desenvolvimento limpo.

GASES DO EFEITO ESTUFA

De acordo com Miguez (2000), os GEE são o dióxido de carbono (CO₂); o metano (CH₄), aproximadamente 20 vezes mais poluente que o CO₂; o óxido nitroso (N₂O); o hexafluoreto de enxofre (SF₆); o hidrofluorcarbonos (HFCs); e os perfluorcarbonos (PFCs).

Para Pereira e May (2003), o efeito estufa natural proporciona à Terra condições ideais para o desenvolvimento da vida e que sem ele, o planeta não seria habitável. Entretanto, após a Revolução Industrial, os GEE provenientes das atividades humanas aumentaram consideravelmente, o que por consequência, podem vir a causar um aumento da temperatura global estimado entre 2 e 6 °C nos próximos 100 anos (BORTHOLIN e GUEDES, 2011).

A concentração de CO₂ na atmosfera terrestre passou de 280 para 380 ppmv devido ao incremento na população mundial e ao uso de combustíveis fósseis (SOLOMON et al., 2007), enquanto a concentração atmosférica do N₂O passou de 287 para 315 ppbv (KHALIL et al., 2002). As principais fontes antropogênicas de emissão de CO₂ têm origem na queima de combustíveis fósseis e da biomassa vegetal, além da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) (KRAM et al., 2000). No caso do N₂O, as maiores contribuições nas emissões são devido ao uso de fertilizantes nitrogenados em solos agrícolas e a indústria química e petroquímica (RECK e HOAG, 1997).

Com a emissão desses gases ocorre aumento do efeito estufa causando mudanças climáticas e aquecimento global, já que os gases retêm a radiação infravermelha emitida pela Terra e assim, alteram o equilíbrio térmico e climático da superfície terrestre e do mar (IPCC, 2001; BITO, 2006).

O aumento da temperatura atmosférica pode ocasionar alguns fenômenos como furacões, ciclones, secas e chuvas intensas, e a disseminação de doenças entre outros (PEREIRA e MAY, 2003). Devido a esses prejuízos, a sociedade e as empresas passaram a preocupar-se com as questões de emissões de GEE (BITO, 2006). As empresas têm preocupação em função dos custos que possivelmente arcarão com a reparação dos danos causados, caso não tomem ações que os evitem. Além do mais, as empresas para serem sustentáveis devem ter como seus objetivos o cuidado com o meio ambiente, visto que isso promove a melhoria da sua reputação (BITO, 2006), uma vez que essas informações são divulgadas ao público e aos acionistas (HOLLIDAY JUNIOR et al., 2002).

Segundo Barbieri (2004) a intensificação de chuvas em certos locais e das secas em outros são algumas consequências previstas para o clima global. O aumento da temperatura da superfície média da terra promove um aumento do nível do mar. Isso ocorre porque altas temperaturas causam expansão no volume e derretimento das geleiras e tampões de gelos. Com isso, as regiões litorâneas seriam afetadas diretamente e, por extensão, todo o Planeta. Com a redução dos espaços de áreas agricultáveis e outros recursos das zonas litorâneas haveria um aumento das migrações humanas em direção

às terras firmes, gerando conflitos sociais pela posse de recursos que estariam cada vez mais escassos.

Os impactos do aquecimento global sobre os recursos hídricos, segundo Frederick e Gleick (1999), levarão a alterações nos padrões de precipitação, evapotranspiração e vazão hidrológica, afetando magnitude, frequência e custo de eventos climáticos extremos (secas e enchentes), bem como a disponibilidade de água para se enfrentar uma demanda crescente.

Os impactos econômicos e sociais afetarão todos os países, sendo que esses impactos serão diferenciados dependendo da região do mundo (MANFRINATO, 1999). Esses impactos econômicos e sociais consistirão em: escassez; alta de preços; queda na renda real; desemprego; aumento da pobreza; aumento das desigualdades na distribuição de renda e riqueza; aumento do número de conflitos e da violência em geral; perda dos direitos das gerações humanas futuras de usufruírem um meio ambiente saudável, semelhante ao de seus antepassados. Esses impactos poderão ser irreversíveis.

Na América Latina, por exemplo, os possíveis impactos provocados pelo aquecimento global serão: diminuição da produção agrícola, aumento dos vetores de diversas doenças e extinção de animais e plantas (IPCC, 2001).

No cenário brasileiro, as principais fontes antropogênicas de maior contribuição para os lançamentos de CO₂ são decorrentes do desmatamento, queimadas, tráfego de veículos e combustão industrial (REZENDE e FINCO, 2004). Aproximadamente, 75% do CO₂ que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas e do desmatamento e apenas 25% são derivados da queima de combustíveis fósseis (CERRI e CERRI, 2007).

Ocorrem emissões de CO₂ através dos combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro. Há análises que indicam uma intensificação no uso de combustíveis fósseis no País, em substituição às fontes renováveis (REZENDE e FINCO, 2004). Para o controle da emissão de GEE há a utilização de plantas para a produção de biocombustíveis (McMANUS et al., 2004), uma vez que essas plantas produzem energia renovável (CRUZ et al., 2006), que proporciona redução do uso de combustível fóssil (JANZEN, 2004), além de aportarem importante quantidade de resíduos culturais ao sistema (PETERSON e HUSTRULID, 1998) e evitar a emissão de carbono fóssil pelo uso do biocombustível renovável produzido (RIGHELATO e SPRACKLEN, 2007).

A utilização do álcool automotivo produzido a partir da cana-de-açúcar, hidratado ou adicionado à gasolina é uma vantagem, uma vez que o álcool é um produto renovável e, assim, sua emissão líquida de CO₂ é quase nula (RIBEIRO, 1997).

A energia hidroelétrica é uma fonte de energia renovável por excelência e, portanto, não envolve emissões de GEE, e a substituição de geradores movidos a óleo diesel ou gás natural para estações que utilizem a energia hidrostática e cinética da água significa redução

nas emissões totais de GEE e, por esta razão, pode ser apoiada por investimentos em MDL (IORIS, 2007).

Além dessas fontes renováveis de energia, há outras ações sendo utilizadas para atenuar os efeitos do aquecimento global. No setor agrícola, várias ações devem ser levadas em consideração para a redução das emissões dos GEE e sequestro de carbono nos ecossistemas terrestres. O desenvolvimento de tecnologias aplicadas na produção de biocombustíveis, na redução de emissões de metano, no reflorestamento e, sobretudo, na adoção de boas práticas agrícolas como o plantio direto, são ações mitigadoras que devem ser estudadas e utilizadas (CERRI e CERRI, 2007).

De acordo com Costa e Matos (1997), a remoção total da cobertura vegetal para a instalação de culturas cultivadas (manejo convencional do solo) representa uma das atividades mais emissoras de carbono no mundo, sendo que 22% do total de emissões mundiais são provenientes da agricultura e do desmatamento. Nas práticas tradicionais de expansão da fronteira agrícola, a maior parte do carbono é liberada no primeiro ano, quando ocorre a queima da cobertura vegetal e, 10 anos após essa limpeza inicial da área, quase toda a biomassa da superfície e do subsolo é consumida. Sem a proteção da cobertura permanente, ocorre erosão do solo, o que vem a resultar em sérios impactos negativos sobre os recursos hídricos: aumento da turbidez; assoreamento de várzeas, vales, calhas de rios e represas; e perda de fertilizantes, corretivos e defensivos aplicados ao solo.

PROTOCOLO DE QUIOTO

O Protocolo de Quioto é um acordo internacional firmado no Japão, em Quioto, no ano de 1997, visando a redução das emissões de GEE (BITO, 2006) e entrou em vigor no ano de 2005, com a formalização da adesão da Federação Russa (BRASIL, 2001). Além da redução da emissão desses gases, o Protocolo também visa o desenvolvimento sustentável (BITO, 2006).

De acordo com Segreti e Bito (2006), os compromissos do Protocolo de Quioto foram estabelecidos de forma diferenciada aos países participantes, sendo que os países foram divididos em: países industrializados e grandes emissores de CO₂ e os considerados em desenvolvimento.

O Protocolo prevê a redução na emissão dos GEE em 5,2% entre 2008 e 2012, para os países componentes do Anexo I (SEGRETI e BITO, 2006), sob penas e multas, baseando-se nas emissões verificadas em 1990 (BITO, 2006). Os países do Anexo I são aqueles com alto grau de industrialização que concordaram em reduzir suas emissões de GEE: Alemanha, Austrália, Áustria, Belarus, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Européia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países

Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, República Tcheca, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia (FERRAREZ et al., 2010). Dentre os países desenvolvidos, apenas os Estados Unidos da América (EUA) e a Austrália não aderiram ao Protocolo. Entretanto, os EUA são os maiores emissores dos GEE, correspondendo a 36,1% (BRASIL, 2001).

De acordo com Brasil (2001), o Protocolo está sob a responsabilidade da Organização das Nações Unidas (ONU) e inscreve-se no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança de Clima - CQNUMC (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC).

Segundo o mesmo autor, o Protocolo prevê a possibilidade de permitir e criar mecanismos de flexibilização, que são:

1) Emissions Trading – ET (Comércio de Emissões): os países que conseguirem reduzir as emissões dos GEE além da meta podem comercializar esse excedente com os países do mesmo grupo que não tenham atingido a redução esperada;

2) Joint Implementation – JI (Implementação Conjunta): países pertencentes ao mesmo grupo podem reduzir a emissão de gases conjuntamente, ou seja, dois ou mais países podem se unir e reduzir as emissões dos GEE;

3) Clean Development Mechanism – CDM (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL): países desenvolvidos podem investir em projetos de redução de emissão de GEE ou comprar as reduções desses gases de outros países que não sejam do mesmo grupo. O Brasil se enquadra nesse caso pois pertence a categoria de países em desenvolvimento e, por isso, não tem a obrigação de reduzir as emissões de GEE. Assim, sua participação ocorre por meio do MDL, através da geração de projetos para essa redução e venda de créditos e, por consequência, acaba criando um novo “produto” de exportação: a venda de reduções de emissões de gases para os países mais desenvolvidos.

MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), constante no artigo 12º do Protocolo de Quioto (BRASIL, 2001), permite que países desenvolvidos e poluidores invistam em projetos que diminuam a emissão de GEE. Através deste mecanismo, os países desenvolvidos podem promover a redução fora de seu território, utilizando-se da negociação de créditos de carbono. Isso porque esses países emitem GEE em excesso e, com o objetivo de reduzir suas emissões, devem financiar projetos em países em desenvolvimento (FERRAREZ et al., 2010). Portanto, os países industrializados podem alcançar as suas metas individuais por meio de projetos implantados em países em desenvolvimento.

O MDL originou-se de uma proposta brasileira e é o único mecanismo que permite a participação dos países

em desenvolvimento, ainda sem metas até 2012 (GOLDEMBERG, 2005), como o Brasil.

Esse mecanismo permite o uso de recursos públicos e/ou privados para reduzir e tratar as mudanças climáticas (GEE) e, ao mesmo tempo, promover o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, para que um projeto MDL seja aprovado pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Unfccc), é preciso, entre outros critérios técnicos, que o projeto apresente benefícios quanto ao desenvolvimento sustentável ou que, pelo menos, não apresente impactos negativos relevantes em relação aos aspectos social, ambiental e econômico (CUOCO et al., 2006). A avaliação da adequação de um projeto como MDL e de sua qualificação à emissão dos CER correspondentes ao benefício que trouxe em termos de redução de emissões deve ser rápida, clara e preliminar aos demais procedimentos usuais de licenciamento e aprovação.

De acordo com as normas estabelecidas, os projetos de MDL devem atender às seguintes condições: participação voluntária; implicar em redução adicional à que ocorreria sem a sua implementação; contribuir para o desenvolvimento sustentável do país em que seja implementada; demonstrar benefícios reais e mensuráveis em longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima (LENZI, 2006). Para o desenvolvimento de projetos de MDL, há a distinção de três modalidades de projetos: redução de emissões, emissões evitadas e resgate de carbono.

Segundo Ferrarez et al. (2010), as etapas de um projeto de MDL são: desenvolvimento de uma atividade de projeto no âmbito do MDL e elaboração do Documento de Concepção do Projeto (DCP) com todas as exigências requeridas; obtenção da aprovação por escrito da participação voluntária de cada Parte (anfitriã e investidora) envolvida na atividade do projeto a ser executado no âmbito do MDL, através da Entidade Operacional Designada (EOD); validação e registro da atividade de projeto do MDL, sendo que a validação consiste na aprovação das metodologias do projeto pelo Conselho Executivo e o registro da atividade é a aceitação do projeto validado como uma atividade de projeto do MDL; monitoramento do projeto do MDL, para calcular as reduções de emissões de GEE, de acordo com o planejado no DCP; verificação, certificação e emissão de CER; distribuição dos CER, em que existe uma parte das CER destinada a ajudar países em desenvolvimento que estão mais vulneráveis aos efeitos adversos da mudança do clima, uma parcela é utilizada para cobrir despesas administrativas do MDL e o restante das CER fica com os participantes do projeto de MDL.

Para avaliar os projetos de MDL propostos para o desenvolvimento sustentável, cada país define os critérios a serem utilizados, através de sua Autoridade Nacional Designada (AND). O Brasil utiliza os critérios: contribuição para a sustentabilidade ambiental local, ou seja, procura avaliar a mitigação dos impactos ambiental local propiciada pelo projeto em comparação aos

estimados na situação da ausência do projeto; contribuição para o desenvolvimento das condições de trabalho e a geração líquida de empregos; contribuição para a distribuição de renda através da análise dos efeitos diretos e indiretos sobre a qualidade de vida das populações de baixa renda, observando os benefícios socioeconômicos propiciados pelo projeto; contribuição para a capacitação e o desenvolvimento tecnológico pela avaliação do grau de inovação tecnológica do projeto; e contribuição para a integração regional e a articulação com outros setores (ANDRADE et al., 2010).

De acordo com Ferrarez et al. (2010), foi determinado que somente poderão ser elegíveis projetos de MDL relacionados à: investimentos em tecnologia mais eficientes; substituição de fontes de energia fósseis por renováveis; racionalização do uso de energia; florestamento e reflorestamento. Estão excluídas atividades ligadas ao manejo agropastoril, como por exemplo, plantio direto e também algumas outras formas de manejo agrícola, e também não são elegíveis atividades de manejo florestal (desmatamento evitado). Entretanto, até 2012, muitas pesquisas e discussões têm sido levantadas quanto a utilização dessas práticas como MDL.

Através do MDL, os países desenvolvidos contribuem com o emprego de tecnologia limpa, e os países em desenvolvimento, por sua vez, podem promover seu desenvolvimento sustentável (FERRAREZ et al., 2010). Esse mecanismo pode tornar-se uma ferramenta promotora da concepção e do uso de tecnologias limpas em prol do desenvolvimento sustentável sendo, portanto, uma alternativa viável para uma relação simbiótica entre interação do crescimento da economia e proteção do meio ambiente, tendo a tecnologia limpa como seu elemento indutor (ANDRADE et al., 2010).

A tecnologia limpa consiste na redução de emissões prejudiciais ao meio ambiente, visando tentar evitar ou reduzir as emissões antecipadamente, focando as causas da degradação ambiental e não os seus efeitos. E, assim, as tecnologias limpas são fundadas no princípio da prevenção (LENZI, 2006) e valorizam: redução, reutilização e reciclagem (LaGREGA et al., 1994). A mudança tecnológica e organizacional ocasionada pela geração de tecnologias limpas, no nível das empresas e dos países, contribui para a resolução do dilema da compatibilização entre crescimento econômico e proteção ambiental. O desenvolvimento sustentável é aquele que considera um crescimento econômico socialmente receptivo e com métodos favoráveis ao meio ambiente, conciliando objetivos sociais, ambientais e econômicos (SACHS, 2002). Assim, o desenvolvimento sustentável é uma prática utilizada com o intuito de trazer o equilíbrio necessário para o crescimento econômico e a sustentabilidade das sociedades (ANDRADE et al., 2010). Os projetos de MDL devem atingir o desenvolvimento sustentável, no entanto, falhas podem ocorrer nesses projetos com relação à questão social, podendo ocorrer agravamento das desigualdades sociais e até um aumento dos danos ambientais. Por isso, esses projetos devem ser

planejados minuciosamente, de forma a evitar problemas decorrentes da sua implantação.

O Brasil participa do MDL através da geração e venda de projetos para redução de GEE. A adequação do MDL no Brasil ocorreu através do Decreto Presidencial de 07/07/1999 com a criação da Comissão Interministerial de Mudanças Climáticas e Decreto nº 3515 de 20/06/2000 criando o Fórum Nacional de Mudanças Climáticas. Essas adequações são importantes pois visam a implementação do mecanismo do Protocolo de Quioto e a diminuição das mudanças climáticas (BRASIL, 2001). O Brasil é o país com maior número de projetos de créditos de carbono registrados pela ONU, sendo 40 projetos de um total de 165 em todo o mundo (UNFCCC, 2006).

Para projetos de sequestro de carbono, são considerados os reflorestamentos (plântio de árvores em áreas desmatadas com menos de 50 anos) e aflorestamentos (plântio em áreas desmatadas com mais de 50 anos), a contar de 1990, sem a inclusão das áreas florestais que já existiam (FERRAREZ et al., 2010). Há implantação de projetos de aflorestamento e reflorestamento no território brasileiro desde a década de 1990 (MAY et al., 2005).

As florestas e a vegetação em geral apresentam um papel essencial para a regulação e a conservação dos recursos hídricos, além da manutenção da biodiversidade e do controle da degradação do solo. Assim, projetos de MDL que estimulam a cobertura vegetal têm a função vital na revitalização de bacias hidrográficas. De acordo com Richards (1999), algumas medidas que serviriam como objeto de investimentos em MDL são: florestamento de terras atualmente usadas para agricultura; a não conversão de terras de mata em terras agrícolas; reflorestamento de matas “colhidas” ou queimadas; modificação de práticas de manejo florestal para proporcionar estoque de carbono; adoção de métodos de colheita vegetal que sejam de menor impacto e que diminuam a liberação de carbono para a atmosfera; alargamento de ciclos de rotação de florestas; adoção de práticas agroflorestais; estabelecimento de “plantations” de rotação rápida para produção de biomassa de uso energético a partir de madeira; e práticas de reflorestamento urbano.

As remoções ou resgates de carbono previsto nas atividades de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas são conhecidas como sumidouros. Para a mensuração da remoção de carbono, como por exemplo, plântio ou recuperação de uma floresta, ainda que seja para o uso industrial, o projeto deve considerar a duração e permanência para o resgate e sumidouro de carbono. Além do mais, também envolve a questão da propriedade e da legislação em vigor, como área de proteção permanente ou área não protegida, dentre outros (PEARSON et al., 2005).

Os compartimentos florestais mais utilizados para negociação no mercado de carbono é a biomassa da parte aérea e da matéria orgânica do solo (MOS). A maioria dos projetos utiliza a biomassa da parte aérea devido à

facilidade de mensuração e às rápidas mudanças nesse compartimento em períodos curtos de tempo (PEARSON et al., 2005). No entanto, a MOS representa um ótimo compartimento para estocar o carbono (C), mesmo que seja necessário um tempo maior para ser detectado. É difícil a mensuração do estoque de C da MOS por causa da proteção física da fração mineral, as interações com os demais componentes do solo (biológico e químico) e o clima (FRANZLUEBBERS et al., 1996; WATSON, 2001; LAL, 2004). As mudanças decorrentes da variabilidade espacial de atributos (físicos, químicos, biológicos do solo ou pedogenéticos) são os principais responsáveis por determinados padrões, influenciando na dinâmica de C do solo. Reconhecer essas mudanças auxiliam no entendimento dos processos que comandam a dinâmica de crescimento de plantas e do estoque de C do solo. O clima e o manejo também exercem forte influência sobre a dinâmica de C no solo (BERGSTROM et al., 1994; EPRON et al., 2004; MACHADO et al., 2004).

Young (2005) afirma que há um risco com a expansão do reflorestamento baseado em monocultivo de espécies exóticas. O maior volume de projetos de MDL registrados é originário de reflorestamento de empresas de papel e celulose, em que são utilizadas espécies de pequeno ciclo de crescimento, com grande risco de perda da biodiversidade. Portanto, para evitar esses problemas, os projetos devem alcançar o desenvolvimento sustentável de forma equilibrada, considerando os aspectos social, ambiental e econômico.

O Brasil é o terceiro maior proponente de projetos de MDL no mundo (11,33%) (UNFCCC, 2011) e, no momento, os projetos brasileiros realizados concentram-se nos escopos setoriais da energia renovável (50%), suinocultura (15%) e substituição de combustível fóssil (13%). Além dessas atividades, está sendo desenvolvidos projetos nas áreas de aterro sanitário, eficiência energética, tratamento de resíduos, entre outras (MCT, 2009).

Existe uma Autoridade Nacional Designada (AND) constituída por onze Ministérios coordenados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. Somente após a aprovação pela Comissão, é que o projeto pode ser submetido à ONU para avaliação e registro (AROEIRA, 2007).

CRÉDITO DE CARBONO

O crédito de carbono consiste numa quantidade verificável e reconhecida de redução na emissão ou sequestro de CO₂ ou outro GEE suprida como resultado de um projeto de compensação de carbono (projetos no escopo do Protocolo de Quioto). No entanto, a palavra crédito deixou de ser utilizada passando-se a utilizar os termos Unidades de Redução de Emissão (ERU), Reduções Certificadas de Emissão (RCE) ou Certificados de Emissão Reduzida (CER), Unidades de Remoção (UR), entre outros (CEPEA-ESALQ/USP, 2004). Esses créditos são considerados como bens incorpóreos, imateriais ou

intangíveis, mas que são reconhecidos pela ordem jurídica, tendo o valor econômico para o homem, pois são passíveis de negociação (CRUZ et al., 2006).

Para as empresas estabelecidas em países desenvolvidos cria-se uma obrigação (um passivo), que deve ser estimado e provisionado para gastos com a redução do CO₂, inclusive com a compra do crédito de carbono (BITO, 2006). O crédito de carbono gerado nos países em desenvolvimento pode ter custo menor do que os projetos dos países desenvolvidos, levando-se em conta os custos de mudanças de plantas industriais e desenvolvimento de novas tecnologias (BRASIL, 2001).

No Brasil, a venda desses créditos pode gerar renda e o desenvolvimento de novas técnicas contra a poluição, valorizando a imagem das empresas por sua preocupação com o meio ambiente (BITO, 2006). As primeiras empresas, no Brasil, a venderem créditos de carbono foram a CGDE - Companhia Geral de Distribuição Elétrica, que produz energia na Usina de Piratini (RS), a Veja Bahia, em Salvador (BA), e o Nova Gerar, em Nova Iguaçu (RJ) (FERRAREZ et al., 2010).

O Brasil deve se beneficiar com a venda de créditos de carbono, e também com os investimentos em projetos engajados para a redução da emissão de gases poluentes. O país possui projetos de MDL que representam a não emissão de 204.314.584 toneladas de CO₂ ou seu equivalente em outros gases. De acordo com a estimativas do Banco Mundial, o Brasil apresentou uma participação de 10% do mercado de MDL, em 2007 (AROEIRA, 2007).

CERTIFICADO DE EMISSÃO REDUZIDA

O projeto de redução de emissão de gases gera um produto expresso em CO₂ equivalente, que se transforma num produto padrão após a emissão e registro do certificado de emissão reduzida (CER). O CER é a garantia por escrito, concedida pela Entidade Operacional, de que durante um determinado período o projeto alcançou as reduções de GEE e/ou o sequestro de carbono propostos (FERRAREZ et al., 2010).

Os CERs são documentos que devem ser negociados com os países desenvolvidos que assinaram o Protocolo de Quioto, para que esses países consigam obter a meta de redução dos GEE. A aprovação da CER dependerá de uma série de fatores como: credibilidade da empresa responsável pelo projeto; credibilidade da empresa que validará e certificará; e metodologia usada na mensuração e no monitoramento do projeto. As empresas responsáveis pela validação e certificação devem ser reconhecidas internacionalmente (SEGRETI e BITO, 2006). A validação dessa certificação será realizada por entidades oficiais, e controlados pelo comitê da ONU criado para essa finalidade. (BRASIL, 2001). Os CERs são emitidos no final do ciclo completo do projeto (CUOCO et al., 2006). Os preços iniciais para a tonelada de carbono são de US\$ 20.

No Brasil está sendo criado o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), na bolsa de valores do Rio. A Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F) colocou em operação, em 2005, um mercado eletrônico de títulos de diminuição de lançamentos atmosféricos de carbono, conhecido como MBRE (FERRAREZ et al., 2010). O Banco de Projetos BM&F visa conferir visibilidade às oportunidades de projetos de MDL, com um sistema eletrônico de registro de projetos e empreendimentos com potencial de geração de créditos de carbono em ambiente *web*. O banco está aberto a projetos que promovam a redução de emissões ou o sequestro de GEE da atmosfera, funcionando como fomentador daqueles que buscam reconhecimento no âmbito do Protocolo de Quioto (CUOCO et al., 2006).

Faz-se necessária a organização do mercado, regulamentando as operações em seus aspectos tributários, financeiros e operacionais, a fim de que possa atrair investidores para financiar projetos e/ou comprar CERs. Ainda não existe regulamentação específica para o mercado de carbono no Brasil, que carece de organização a fim de que as operações, que aumentam dia-a-dia com a proliferação de projetos registrados, possam atrair investimentos para a área (CUOCO et al., 2006).

O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O sistema de plantio direto (SPD) é um sistema agroecológico que visa a não utilização ou a utilização mínima de insumos como mecanização agrícola em todas as fases dos sistemas de produção, corretivos da acidez do solo, fertilizantes químicos, inseticidas, fungicidas e herbicidas (LOPES, 2008).

De acordo com o mesmo autor, o SPD propicia um aumento da produtividade devido ao efeito benéfico causado no solo pela matéria orgânica resultante da decomposição da palhada. O sistema é adaptável a várias regiões brasileiras e, dependendo das condições do local, é possível a utilização de diferentes espécies vegetais, como por exemplo, as leguminosas, para a formação da palhada. O SPD possibilita, também, a redução do desmatamento e a recuperação de áreas degradadas.

O solo é considerado o principal reservatório temporário de C no ecossistema (BRUCE et al., 1999), por apresentar, em média, 4,5 vezes mais carbono do que a biota e 3,3 vezes mais do que a atmosfera (LAL, 2004). Através desses valores, fica evidente que a preservação desses reservatórios é de grande importância para o equilíbrio da concentração do CO₂ na atmosfera (SANTI et al., 2007). O tipo de manejo dispensado ao solo e às culturas pode representar a diferença entre contribuir ou não para a elevação do efeito estufa no planeta.

O preparo do solo rompe os agregados e expõem o C lábil que se apresentava fisicamente protegido ao ataque microbiano (BRONICK e LAL, 2005). Além do mais, o preparo do solo promove incremento da temperatura e da oxigenação do solo (AL-KAISI e YIN, 2005), fraciona os resíduos e os incorpora ao solo resultando no aumento

exponencial da atividade biológica e, conseqüentemente, do fluxo de CO₂ do solo (REICOSKY e LINDSTROM, 1993; REICOSKY et al., 2005). Assim, no Brasil, o emprego de sistemas conservacionistas de manejo de solo, contextualizados no âmbito do sistema plantio direto, tem se destacado pelo potencial de sequestro de carbono no solo, e a conseqüente mitigação do efeito estufa, sendo que a dimensão de ambos está vinculada a sua crescente adoção, aliada à busca incessante pela sua qualificação (SANTI et al., 2007).

O plantio direto é, pois, a grande alternativa para sequestrar carbono em sistemas agrícolas tropicais e subtropicais (AMADO, 1999; AMADO e MIELNICZUK, 1999). O potencial de sequestro de carbono no plantio direto está relacionado com a redução das perdas de CO₂, economia de combustíveis fósseis, possibilidade de redução a médio e longo prazo do uso de insumos externos e controle da erosão. KEMPER (1997), fazendo uma revisão sobre o potencial de incremento de MOS (matéria orgânica do solo) pela adoção do sistema plantio direto, estima que, em média, na camada de 0-15 cm, há um aumento de 1% em 10 anos.

O Brasil tem potencial para ser um dreno de CO₂ em nível mundial, por apresentar grande área de adoção do plantio direto e sistemas de produção com elevada adição de resíduos, graças à rotação de culturas e ao cultivo de plantas de cobertura na entressafra das culturas comerciais. No entanto, ainda são escassos os resultados de pesquisa que procuram quantificar este potencial, o qual deve ser determinado regionalmente, uma vez que depende do tipo de solo, textura e mineralogia, do relevo e das condições climáticas como temperatura e umidade (PARFITT et al., 1997; ALVAREZ e LAVADO, 1998).

Segundo CTIC (1996), o cultivo conservacionista poderia compensar até 16% das emissões globais de CO₂ oriundas de combustíveis fósseis. Para se promover o sequestro de carbono através da agricultura, é necessário, fundamentalmente alcançar bons níveis de produtividade, reduzindo ou revertendo a degradação dos solos, e estabilizando ou incrementando a MOS acumulada. Portanto, projetos de MDL poderiam claramente vir a contribuir para o processo de redução de carbono atmosférico ao incentivar práticas agrícolas conservacionistas (IORIS, 2007). Sidiras e Pavan (1986) afirmam que o plantio direto acumula o dobro de matéria orgânica ao longo do perfil do solo em comparação com o cultivo convencional. Esse incremento da MOS representa retirada de carbono da atmosfera (AMADO, 2009).

Para que o estoque de MOS se estabilize ou não decresça, os sistemas de manejo de solo e de culturas adotados devem preconizar adições de material orgânico em maior quantidade do que as perdas por decomposição (SANTI et al., 2007). O equilíbrio positivo entre a entrada e a saída de carbono em solos agricultáveis passa pela implementação de sistemas de produção fundamentados em princípios da agricultura conservacionista, pois o manejo adotado visa à manutenção permanente da cobertura do solo, que contribui para o incremento do

conteúdo de carbono orgânico, para a reciclagem de nutrientes, a fixação simbiótica de nitrogênio, a retenção e a infiltração de água no solo, para a redução do escoamento superficial e o eficiente controle da erosão hídrica, fatores estes que resultam na melhoria da qualidade ambiental e na preservação dos recursos naturais (BAYER e MIELNICZUK, 1997; DEBARBA e AMADO, 1997; AMADO et al., 2000; SPAGNOLLO, 2000; SANTOS et al., 2003; LOVATO et al., 2004; CERRI et al., 2007).

Nos últimos anos, tem sido ressaltada a contribuição do plantio direto na diminuição da emissão de CO₂ para a atmosfera (BAYER et al., 2000b). Fortin et al. (1996) determinaram uma redução de 2,50 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ no plantio direto, comparativamente ao preparo convencional. Estimativas de Cerri et al. (2004) demonstram ter ocorrido emissão líquida anual de 46,4 milhões de toneladas no período de 1975-1995, enquanto que a mitigação decorrente da adoção do sistema plantio direto alcançou 33 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, no mesmo período. O SPD apresenta potencial para mitigar a emissão de CO₂, uma vez que a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição gradual do material orgânico, que, associado à fração mineral, favorece o aumento do C no solo (AMADO et al., 2001; SÁ et al., 2001). Entretanto, essa mitigação varia em função das condições climáticas, como temperatura e umidade (FANG e MONCRIEFF, 2001), dos tipos de solo e da mineralogia com relação à proteção física da matéria orgânica (MADARI et al., 2005).

O teor de MOS aumenta à medida que se aumenta o tempo de SPD (SIQUEIRA NETO et al., 2009) e, assim, espera-se que o C na forma orgânica permaneça protegido nas frações mais recalcitrantes (FREITAS et al., 2000), ocasionando assim menor emissão de CO₂ (SÁ et al., 2001). No entanto, as emissões de CO₂ do solo fazem parte do balanço global do elemento nos sistemas terrestres: entradas via fotossíntese, perdas provenientes da respiração radicular e da atividade dos microrganismos e da mineralização da MOS (CERRI et al., 2004). E, com isso, áreas com maior tempo de SPD e com maiores teores de MOS, provavelmente apresentam também uma maior diversidade e atividade microbiana (KENNEDY, 1999), propiciando maiores emissões de CO₂.

A temperatura do solo influencia nas emissões de CO₂, sendo que ocorre maior emissão no período de temperaturas mais elevadas (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Isso ocorre porque o aumento de temperatura provoca uma intensificação das transformações ocorridas no solo, principalmente com relação à mineralização do material orgânico, à dinâmica do N e às emissões dos gases do solo (HARNEY et al., 2004).

A atividade agrícola pode alterar a quantidade e a qualidade da MOS, resultando em emissões de CO₂ e N₂O do solo para a atmosfera. O SPD com a utilização de leguminosas em sistemas de rotação é uma estratégia que pode ser utilizada para o aumento da quantidade de MOS

e também para redução das emissões dos GEE (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Utilizam-se as leguminosas, pois existe uma relação entre os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo e, por esse motivo, para obter maior eficiência em sequestrar C no solo, há necessidade de haver periódicas adições de N. E, para realizar essas adições de N econômica e ambientalmente sustentável realiza-se a utilização de leguminosas em sistemas de rotação de culturas (AMADO et al., 2001). A substituição do uso de fertilizantes nitrogenados minerais por leguminosas também é importante, pois a produção industrial de adubos nitrogenados envolve o consumo de grande quantidade de energia, obtida a partir da queima de combustíveis fósseis, com significativa emissão de gases para atmosfera. Além disto, há a diminuição das perdas de N via N_2O , em sistemas que envolvem o uso de leguminosas como plantas de cobertura, comparativamente a sistemas baseados no uso exclusivo de fertilizantes minerais (LI, 1995).

Alguns estudos demonstram que o aumento dos agregados favorece a microporosidade, a qual, aliada ao alto teor de água, pode originar condições redutoras e, assim, ocorrerá uma maior disponibilidade de N, ocorrendo um aumento das emissões de N_2O dos solos (DRURY et al., 2004). Entretanto, a utilização de leguminosas em sistemas de rotação de culturas é uma importante ferramenta a ser utilizada, devendo-se considerar o seu efeito na substituição parcial do N-fertilizante pelo N_2 -fixado simbioticamente, que resulta na liberação gradativa do elemento e na diminuição da emissão de N_2O (AMADO et al., 2001).

Os principais fatores que influenciam o aumento da emissão do N_2O em solos cultivados são a disponibilidade de N na forma de nitrato e o grau de saturação de água no solo (Sr %) (BALL et al., 1999; DOBBIE e SMITH, 2003). Dependendo das características do solo, as emissões de N_2O são estimuladas a partir de 40 a 50% de umidade, alcançando o ponto máximo de emissão entre 65 e 75 % de Sr % (DALAL et al., 2003).

Experimentos realizados na região Sul do Brasil, em regiões de clima subtropical, têm demonstrado que o plantio direto e sistemas de cultura com alto aporte de resíduos e N pela inclusão de leguminosas resultam num aumento dos estoques de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) do solo (BURLE et al., 1997; BAYER et al., 2000a). Estudos de BAYER et al. (2000c) determinaram que a utilização, durante nove anos, do plantio direto associado ao sistema aveia + ervilhaca/milho + caupi resultou num acúmulo de 12 Mg ha^{-1} de CO e de 900 kg ha^{-1} de NT na camada de 0-30 cm, comparativamente ao sistema de manejo com preparo convencional e sistema aveia/milho. Portanto, observa-se a mitigação das emissões desses gases do solo para atmosfera.

O Brasil apresenta a segunda maior área sob o SPD, atrás apenas dos EUA, no entanto, lidera a aplicação do SPD em pequenas propriedades. Estima-se que até 2012, o

SPD seja aplicado em mais de 85% da área agricultável do Mercosul (CERRI et al., 2005).

Até o presente momento, o carbono sequestrado no solo agrícola, através do sistema plantio direto, não está habilitado para ser comercializado no mercado do MDL. Porém, é aceito em mercados voluntários dos Estados Unidos, Canadá e Nova Zelândia. Assim, a inclusão do solo agrícola como uma opção de dreno biológico no MDL, ainda depende de negociações entre os países para ser validado a partir de 2012, no período conhecido como pós-Quito (CERRI, 2007). Se for aceito para comercialização, o plantio direto brasileiro em função da sua qualidade, que embora ainda necessite de melhorias, apresenta destaque entre os demais internacionalmente, possuindo, portanto grande potencial para ocupar um espaço significativo neste mercado emergente.

Um método de verificação e de medição e monitoramento dos estoques de C deve ser estabelecido, além de políticas de incentivo e extensão agrícola favoráveis à adoção do SPD por novos agricultores. O agricultor deve receber incentivo financeiro devido aos benefícios gerados por adotar este sistema, ressaltando a função social de sua propriedade, além de ser um mecanismo de contenção na expansão da agropecuária e do extrativismo florestal predatórios.

A adoção do sistema plantio direto é, inegavelmente, uma importante estratégia de mitigação do efeito das mudanças climáticas globais. Todavia, tratando-se de países em desenvolvimento como o Brasil, deve-se salientar que problemas sociais como o desemprego (principalmente da mão-de-obra não especializada) precisam ser levados em conta por tomadores de decisão durante as discussões sobre adoção de diferentes práticas de manejo. Tais problemas podem ser atenuados e parcialmente resolvidos utilizando-se parte dos recursos financeiros vindos de países desenvolvidos através do MDL previsto no Protocolo de Quito (CERRI e CERRI, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Projetos de MDL visam à redução dos GEE e ao desenvolvimento sustentável, afetando positivamente os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

O Brasil é considerado um dos principais potenciais fornecedores de créditos para o mundo todo através do MDL, sendo que esse mecanismo traz oportunidades estratégicas favoráveis para a gestão ambiental.

O MDL pode favorecer a adoção de práticas agrícolas conservacionistas como o SPD que já é adotado em algumas regiões do Brasil.

A adoção do SPD promove redução das emissões de GEE e, além do mais, também promove melhorias do solo e da qualidade da água.

A adoção do SPD poderá ser incluída no MDL pelo Protocolo de Quioto após 2012 como uma das práticas receptoras de créditos de C.

LITERATURA CITADA

AL-KAISI, M. M.; YIN, X. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations. **Journal of Environmental Quality**, 2005, 437-445p.

ALVAREZ, R.; LAVADO, R.S. Climate, organic matter and clay content relationship in the Pampa and Chaco soils, Argentina. **Geoderma**, v.83, 1998, 127-141p.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.25, n.1, 2001, 189-197p.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Plantio direto e rotação de culturas com leguminosas - uma excelente combinação para promover o incremento da capacidade produtiva do solo. **Revista do Plantio Direto**, v.50, 1999, 23-27p.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, 2000, 179-189p.

AMADO, T.J.C. Seqüestro de carbono em plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA REVISTA PLANTIO DIRETO, 4., Passo Fundo, 1999. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999, 44-51p.

ANDRADE, J. C. S.; SILVA JÚNIOR, A. C.; PASINI, K. B.; NÁPRAVNIK FILHO, L. A. F. K.; VENTURA, A. C. CONTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS DE MDL BRASILEIROS DA INDÚSTRIA DE ENERGIA PARA A PROMOÇÃO DE TECNOLOGIAS LIMPAS EM PROL DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Revista Contemporânea de Economia e Gestão**. v.8, n.1, 2010, 7-20p.

AROEIRA, L. **Créditos de carbono no Brasil**. 2007. Disponível em:<<http://www.planetaorganico.com.br/creditocarbono-aroeira.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

BALL, B. C.; SCOTT, A.; PARKER, J.P. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. **Soil & Tillage Research**, 1999, 29-39p.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004, 328p.

BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L.; FERNANDES, S.V. Tillage and cropping system effects on organic matter storage in an Acrisol soil in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.54, 2000c, 101-109p.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; CERETTA, C.A. Effect of no till cropping systems on soil organic matter in an sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance of ¹³C. **Soil & Tillage Research**, v.53, 2000a, 95-104p.

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

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de culturas na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.24, n.3, 2000b, 599-607p.

BERGSTROM, D. W.; MONREAL, C. M.; JACQUES, E. S. Spacial dependence of soil carbon mass and its relationship to soil series and topography. **Canadian Journal Soil Science**, v.81, n.1, 1994, 53-62p.

BITO, N. S. **Tratamento contábil dos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL no Brasil: um estudo exploratório**. São Paulo, 2006, 156f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Centro Universitário Álvares Penteado – Unifecap.

BORTHOLIN, E.; GUEDES, B. D. Efeito Estufa. Universidade de São Paulo. Disponível em:<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/Efeito_Estufa.html>. Acesso em: 28 jun. 2011.

BRASIL, P. S. **Protocolo de Quioto: convenção sobre a mudança de clima**. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil, 2001. Disponível em:<<http://www.met.gov.br/clima/quioto/pdf/Protocolo.PDF>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, 2005, 3-22p.

BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.5, 1999, 382-389p.

- BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, v.190, 1997, 309-316p.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA CEPEA – ESALQ/USP. Glossário internacional de termos em mudanças climáticas, Protocolo de Quioto e mercado de carbono. Piracicaba, 2004, 55p.
- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; FEIGL B. J.; PICCOLO, M. C. O ciclo de carbono e efeito estufa. **Anais do Simpósio sobre Plantio Direto e Meio Ambiente – Sequestro de Carbono e Qualidade da Água**. Foz do Iguaçu – PR, 2005, 15-19p.
- CERRI, C. C.; P. CERRI, C. E. **Agricultura e aquecimento global**. USP: São Paulo, 2007. 9 p. Disponível em: <http://www.aquecimento.cnpm.embrapa.br/bibliografia/ag_r_e_aquec_Cerri_2007.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2011.
- CERRI, C. C.; VERNoux, M.; CERRI, C. E. P.; FELLER, C. Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: the case of Brazil. **Soil Use and Management**, Oxford, v.20, 2004, 248-254p.
- CERRI, C. E. P. Tecnologia contra o aquecimento global. **Pesquisa FAPESP online**. São Paulo, ed.136, 2007.
- CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II – Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, 2009, 1023-1029p.
- CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, 2007, 83-99p.
- Conservation Technology Information Center (CTIC). CTIC Partens, v. 14, n.3, 1996.
- COSTA, L. M.; Matos, A. T. Impactos da Erosão do Solo em Recursos Hídricos. In: D. D. Silva; F. F. Pruski (Orgs.) Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura. Brasília: MMA/SRH & ABEAS, Viçosa: UFV, 1997.
- CRUZ, R. S.; PIRES, M. M.; NETO, J. A. A.; ALVES, J. M.; ROBRA, S.; SOUZA, G. S.; ALMEIDA, C. M.; SOARES, S.M.; XAVIER, G. S. Biodiesel: uma nova realidade energética para o Brasil. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v.16, 2006, 97-106p.
- CUOCO, L. G. A.; TOSINI, M. F. C.; VENTURA, E. C. F. Carbono Social: Desenvolvimento Sustentável via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo?. Salvador, 30º Encontro da ANPAD, 2006, 1-15p.
- DALAL, R. C.; WANG, W.; ROBERTSON, G. P.; PARTON, W.J. Nitrous oxide emission from Australian agricultural lands and mitigation options: A review. **Australian Journal of Soil Research**, 2003, 165-195p.
- DEBARBA, L.; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, 1997, 473-480p.
- DOBBIE, K.; SMITH, K. Nitrous oxide emissions factors for agricultural soil in Great Britain: The impact of soil waterfilled pore space and other controlling variables. **Global Change Biological**, 2003, 204-218p.
- DRURY, C. F.; YANG, X. M.; REYNOLDS, W. D.; TAN, C. S. Influence of crop rotation and aggregate size on carbon dioxide production and denitrification. **Soil & Tillage Research**, 2004, 87-100p.
- EPRON, D. et al. Spatial and temporal variations of soil respiration in a *Eucalyptus* plantation in Congo. **Forest Ecology and Management**, v.202, n.1, 2004, 149-160p.
- FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, 2001, 155-165p.
- FEARNSIDE, P. M. As florestas no acordo do clima. **Ciência Hoje**, Amazonas, v.29, n.171, 2001, 60-62p.
- FERRAREZ, A. H.; OLIVEIRA FILHO, D.; LACERDA FILHO, A. F.; COSTA, J. M.; APARISI, F. R. S. Potencial de mitigação da emissão de gases de efeito estufa e enquadramento em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) de empreendimento de uso do biogás como fonte energética em cadeia produtiva de frango de corte. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.12, n.3, 2010, 41-57p.
- FORTIN, M. C.; ROCHETTE, P.; PATTEY, E. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, 1996, 1541-1547p.
- FRANZLUEBBERS, A. J. et al. Active fractions of organic matter in soils with different texture. **Soil Biology and Biochemistry**, v.28, n.10, 1996, 1367-1372p.
- FREDERICK, K. D.; Gleick, P. H. Water and Global Climate Change: Potential Impacts on U.S. **Water Resources**. Arlington: Pew Center on Global Climate Change. 1999.

- FREITAS L. P.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉLARROY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2000, 157-170p.
- GOLDEMBERG, J. O Caminho até Joanesburgo. In: TRIGUEIRO, André (Coord.). **Meio ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento**. Rio de Janeiro: Sextante, 2005.
- HARNEY, R. L.; FRANZLUEBBERS, A. J.; PORTER, E. B.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Soil carbon and nitrogen mineralization: Influence of drying temperature. **Soil Science Society of America Journal**, 2004, 489-492p.
- HOLLIDAY JUNIOR, C. O.; SCHMIDHEINY, S.; WATTS, P. **Cumprindo o prometido: caso de sucesso de desenvolvimento sustentável**. Tradução de Afonso C. da Cunha Serra. ed.2, Rio de Janeiro: Campus, 2002, 405p.
- IORIS, A. A. R. **PROTOCOLO DE QUIOTO: OPORTUNIDADES PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS NO CENTRO-OESTE**. I Simpósio de Recursos Hídricos, 2007, 1-15p.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers: a report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC. Grupo 3. Shanghai, 2001.
- JANZEN, H. H. Carbon cycling in earth systems – a soil science perspective. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.104, 2004, 399-417p.
- KEMPER, D. Organic matter-100 years to bring it down how long to bring it back? **National Conservation Tillage Digest**, v.1, 1997, 19-21p.
- KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 1999, 65-76p.
- KHALIL, M. A. K.; RASMUSSEN, R. A.; SHEARER, M. J. Atmospheric nitrous oxide: Patterns of global change during recent decades and centuries. **Chemosphere**, 2002, 807-821p.
- KRAM, T.; MORITA, T.; RIAHI, K.; ROEHRL, R.A.; VAN ROOJEN, S.; SANKOVSKI, A.; VRIES, B. Global and regional greenhouse gas emissions scenarios. **Technological Forecasting and Social Change**, 2000, 335-371p.
- LaGREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P. L.; EVANS, J. C. The Environmental Resources Management Group. In: **Hazardous Waste Management**. Singapore: McGraw-Hill, 1994, 1146p.
- LAL, R. Agriculture activities and the global carbon cycle. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.70, n.2, 2004, 103-116p.
- LENZI, C. L. **Sociologia ambiental: risco e sustentabilidade na modernidade**. São Paulo: Edusc, 2006.
- LI, C. Modeling Impact of Agricultural Practices on Soil C and N₂O emissions. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A., eds. **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton, Advances in Soil Science, CCR Lewis Publishers, 1995, 101-112p.
- LOPES, O. **Plantio direto agroecológico**. Embrapa, 2008. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/diacampo/programacao/2008/plantio-direto-ecologico>>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, 2004, 175-187p.
- MACHADO, P. L. O. A. et al. Especialização do estoque de carbono do solo em lavoura de soja. In: MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A. (Eds.) **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistemas de plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004, 165-174p.
- MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, 2005, 185-200p.
- MANFRINATO, W. Mudanças Climáticas: ações e perspectivas para o novo milênio. **Qualidade de Vida**, v.1, n.6, 1999.
- MAY, P. et al. Incorporando o desenvolvimento sustentável nos projetos de carbono florestal no Brasil e na Bolívia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v.13, n.1, 2005, 5-50p.
- McMANUS, M. C.; HAMMOND, G. P.; BURROWS, C. R. Life-cycle assessment of mineral and rapeseed oil in mobile hydraulic systems. **Journal of Industrial Ecology**, Cambridge, v.7, 2004, 163-177p.

- MIGUEZ, J. M. O Brasil e o Protocolo de Quioto. **Cenbio Noticias**, v.3, n.8, 2000, 3p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT), Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo. In: **Mudanças Climáticas**. Disponível em:<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html>>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- NASCIMENTO, J. J. V. R. do; PAULA, R. R.; SILVA, G. F. da; PEREIRA, R. G.; NETO, F. B. Balanço de carbono, aquecimento global e recuperação de áreas degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.6, n.2, p.14-29, 2011.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, n. 27, p.19-42, 2008.
- PARFITT, R. L.; THENG, B. K. G.; WHITTON, J. S.; SHERPHERD, T.G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma**, v.75, 1997, 1-12p.
- PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects**. BioCarbonFund, 2005, 57p. Disponível em:<www.carbonfinance.org>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- PEREIRA, A. S.; MAY, P. H. Economia do aquecimento global. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003, 219-244p.
- PETERSON, C. L.; HUISTRULID, T. Carbon cycle for rapeseed oil biodiesel fuels. **Biomass and Bioenergy**, Great Britain, v.14, 1998, 91-101p.
- RECK, R.A.; HOAG, K.J. A comparison of greenhouse gas mitigation options. **Energy**, 1997, 115-120p.
- REICOSKY, D. C., LINDSTROM, M. J., SCHUMACHER, T. E., LOBB, D. E.; MALO, D. D. Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape. **Soil & Tillage Research.**, 2005, 183-194p.
- REICOSKY, D. C.; LINDSTROM, N. J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, 1993, 1237-1245p.
- REZENDE, D.; FINCO, M. V. A. **Análise da capacidade energética da termoeletrica de Uruguaiana: um estudo prévio**. 2004.
- RIBEIRO, S. K. **O álcool e o aquecimento global**. CNI. 1997.
- RICHARDS, K. R. **A Review of Forest Carbon Sequestration Cost Studies**. Trabalho apresentado no Seminário sobre Cambio Climático, México D.F., 1999.
- RIGHELATO, R.; SPRACKLEN, D. V. Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests? **Science**, Washington, v.317, 2007, 902p.
- SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal.**, 2001, 1486-1499p.
- SACHS, I. Pensando Sobre Desenvolvimento Na Era Do Meio Ambiente. In: STROH, P. Y. (Org). **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Grammond, 2002.
- SALES, R. M. M.; SALES, L. G. L. Do context da crise ambiental à transformação do território: As etapas da relação sociedade/natureza ao longo do tempo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.5, n.5 (Número Especial), p.31-38, 2010.
- SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; DENARDIN, J. E. **Potencial de seqüestro de Carbono pela agricultura brasileira e a mitigação do efeito estufa**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007, 8p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 78). Disponível em:<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do78.htm>. Acesso em: 15 jul. 2011.
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; SPERA, S. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, 2003, 545-552p.
- SEGRETI, J. B.; BITO, N. S. Crédito Carbono: Um Estudo de Caso da Empresa NovaGerar. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v.8, n.21, 2006, 82-91p.
- SIDIRAS, N.; Pavan, M. A. Influência do Sistema de Manejo na Temperatura do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1986, 181-184p.
- SIQUEIRA NETO, M.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). - I Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2009, 1013-1022p.
- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.; TIGNOR, M.M.B.; MILLER, H.L.; CHEN, Z. Climate Change 2007. **The Physical Science basis: Summary for policymakers**. Contribution of

Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 2007, 996p.

SPAGNOLLO, E. **Plantas de cobertura intercalares ao milho em sistemas de cultivo mínimo e convencional.** 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

VÁSQUEZ, S. F.; BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. P. Protocolo de Kyoto e mercado de carbono. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.4, n.2, p.1-5, 2009.

UNFCCC. **CDM Statistics.** Disponível em:<<http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. *Project Activities Registered.* 2006. Disponível em:<<http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>>. Acesso em: 26 jul. 2011.

WATSON, R. T. (Ed.) **Climate Change 2001:** Synthesis report third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: University Press, 2001, 397p.

YOUNG, Carlos E.F. **Metas Sociais e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.** In: II Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul. São Paulo, 2005. Disponível em:<<http://www.ie.ufrj.br/gema/entrevistas/negocioslimpos.php>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

Recebido em 17 09 2011

Aceito em 12 03 2012