

VI-150 - COMPENSAÇÃO AMBIENTAL DE EMISSÕES DE CO₂ PROVENIENTES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP

Amanda Alves de Lima⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Ana Carolina Thomaziello

Engenheira Agrônoma, Mestre em Água e Solo pela Universidade Estadual de Campinas- Unicamp. Docente da Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária da Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Wilson Barbosa

Biólogo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Pesquisador Científico do Instituto Agronômico de Campinas. Mestre em Agricultura - Fitotecnia pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco de Assis dos Santos Cardoso, 05 - Recanto do Sol I - Campinas - SP - CEP:13056-675 - Brasil - Tel: +55 (19) 3226-9009 - amandaalveslima@yahoo.com.br

RESUMO

As mudanças climáticas, resultantes de ações antrópicas, tomam proporções nunca antes vistas e o planeta exige que atitudes concretas sejam tomadas imediatamente. O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento das emissões de CO₂ na atmosfera a partir da utilização de máquinas agrícolas (tratores), que diariamente emitem gases poluentes devido às várias funções exercidas dentro de uma fazenda voltada para o setor agrícola. Esta quantificação foi feita a partir da avaliação do consumo mensal de diesel durante o período de um ano. Os valores de consumo de diesel foram inseridos nas planilhas disponibilizadas pela ferramenta GHG Protocol, a qual fornece os valores de emissões de CO₂ em quilogramas e toneladas métricas equivalentes. Com estes resultados, foi possível quantificar a contribuição dos tratores no lançamento de gases poluentes na atmosfera. A partir destes dados, foi elaborada uma proposta de compensação ambiental por meio do plantio de árvores de espécies nativas.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito estufa, Mudanças climáticas, GHG Protocol, Inventário de carbono.

INTRODUÇÃO

A crescente dedicação das entidades internacionais na tentativa de frear o aumento das temperaturas do globo torna visível a preocupação com as mudanças climáticas. Os eventos catastróficos relacionados ao clima vêm reforçar a corrente que defende a ideia de que ações antrópicas, intensificadas ainda mais após a Revolução Industrial, são as responsáveis por este aumento. Desta forma, os resultados adversos do "crescimento desenfreado" podem ser vistos e sentidos com o clima ainda mais quente e temperaturas muito acima da média; além, é claro, daqueles divulgados por toda a comunidade científica, como o degelo das calotas polares e o aumento dos níveis do mar.

Algumas medidas vêm sendo tomadas com a intenção de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, responsáveis pela retenção de calor no planeta, os quais vêm sendo lançados na atmosfera de maneira indiscriminada há décadas e é de responsabilidade de toda comunidade global. Então, em 1988, foi criado o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima) órgão que reúne cientistas de todo o mundo para problematizar, sistematizar e avaliar os dados disponíveis sobre o clima, a fim de emitir relatórios que se tornem de conhecimento internacional.

Com a publicação destes relatórios, evidenciou-se ainda mais o problema. A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrada em 1992, tem o intuito de estabelecer diretrizes e bases para que o desenvolvimento ocorra de forma sustentável, visando uma menor interferência negativa do homem no clima. Em 1997, foi estabelecido o Protocolo de Quioto, o qual define metas de redução dos gases de efeito estufa para os países desenvolvidos e oferece aos países em desenvolvimento, uma forma de colaborar com estas reduções a partir de investimentos dos países que têm metas a cumprir. Neste sentido, o Mecanismo de

Desenvolvimento Limpo – MDL é um instrumento que permite os países em desenvolvimento contribuírem com as ações de mitigação das consequências do aquecimento global.

Além do MDL, foram criados mais dois mecanismos de flexibilização: a implementação conjunta e o comércio de emissões, que se destinam apenas aos países integrantes do Anexo-I (países desenvolvidos), não podendo, portanto, ser aplicado ao Brasil.

Neste contexto, a quantificação dos Gases de Efeito Estufa- GEEs vem se tornando cada vez mais importante e medidas como a elaboração de inventários de carbono vêm sendo adotadas com o intuito de estabelecer diretrizes para a redução de emissões e elaboração de projetos de compensação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia escolhida- GHG Protocol (*Greenhouse gas protocol*), visa à elaboração de inventário de carbono para uma empresa ou órgão governamental levando em consideração, de forma geral, todas as emissões destes segmentos. Neste trabalho, entretanto, a abordagem foi limitada ao levantamento de algumas fontes emissoras de CO₂ - os tratores de uma propriedade agrícola, e à elaboração de possíveis compensações voltadas para estas emissões.

O trabalho de levantamento de dados foi desenvolvido na fazenda Santa Eliza, também conhecida como CEC (Centro Experimental Central), pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas - IAC e localizada no município de Campinas.

MÁQUINAS AGRÍCOLAS MONITORADAS

Para a realização do trabalho em questão, considerou-se todos os tratores que realizam atividades no CEC, pois assim foi possível uma abordagem mais ampla e real do problema relacionado à emissão de GEE nesta propriedade.

Existe um total de 15 tratores que realizam as mais diversas atividades, uma vez que a área de estudo é uma fazenda voltada para atividades agrícolas de pesquisa possuindo 700 ha de terras férteis. Desse total, 220 ha são cultivados com cereais e grãos, 110 ha com café, 16 ha com seringueira e 70 ha com coleções *ex-situ* de plantas nativas e exóticas. As áreas restantes, cerca de 284 ha, são ocupadas com vegetação nativa (19 ha mata atlântica e 75 ha cerrado), várzeas, cursos d'água e represas (90 ha), alamedas de bambu, gramados e parques (100 ha) (INSTITUTO AGRÔNOMO DE CAMPINAS, 2010). O IAC possui um banco de dados de todo o combustível, no caso óleo diesel, consumido pelos tratores em atividade.

Para que houvesse representatividade nos dados aqui analisados e consequentemente resultados mais próximos ao real, foi realizada uma amostragem do consumo de diesel dos tratores citados. Foram utilizados os valores de julho de 2009 a junho de 2010. Portanto, os dados mensais de consumo durante um ano foram considerados para que sejam efetuados os cálculos da metodologia GHG Protocol.

METODOLOGIA GHG PROTOCOL

A partir da obtenção dos dados de consumo de diesel de 12 meses, foi possível calcular as emissões de toneladas de CO₂ equivalente. Para isso, a ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol proporciona dados confiáveis de fácil acesso e simples manuseio.

A ferramenta apresenta-se em formato digital, o arquivo pode ser rapidamente carregado e utilizado em um computador, pois trata-se de uma planilha do *Excel*.

A ferramenta encontra-se disponível na rede mundial de computadores “Programa Brasileiro GHG Protocol” (www.ghgprotocolbrasil.com.br).

A metodologia apresentada fornece resultados consolidados para várias fontes de emissão. No que se refere ao presente trabalho, o segmento da ferramenta utilizado trata da Combustão Móvel, resultado das Emissões Diretas de Fontes Móveis - os tratores.

Nesta fase as orientações fornecidas indicam o passo a passo dos valores e os campos que devem ser informados para a obtenção dos resultados, além de um exemplo ilustrativo.

É necessário inserir na planilha, fornecida pelo programa, os valores de consumo de combustível mensais ou o valor total anual para que se obtenha a quantificação de CO₂ emitido. Os valores aqui considerados foram os mensais. A unidade de medida também é automaticamente convertida em razão do combustível informado. A partir da inserção dos dados na primeira tabela da planilha, obtém-se uma segunda tabela com o Total de Uso de Combustíveis e Emissões de CO₂ da Empresa, no caso, apenas das máquinas agrícolas que estão em estudo. E, na tabela seguinte, são expressos os valores de Emissões Totais de Fontes Móveis.

Então, o resultado gerado expressa as emissões totais de CO₂ equivalente em toneladas métricas e as emissões totais de CO₂ de biomassa equivalente em toneladas métricas. Isto ocorre por causa da regulamentação legal, que estabelece um percentual obrigatório de biocombustíveis incorporados no diesel. Na planilha desta ferramenta estes percentuais são considerados automaticamente, fornecendo, assim, estes dois valores que, somados, resultará no total global de CO₂. É importante frisar que a ferramenta não contabiliza as emissões de CH₄ e N₂O de fontes móveis. Existem também outras informações necessárias para que seja possível a elaboração de um inventário de carbono completo, porém no presente trabalho, o foco está direcionado aos tratores (fontes móveis). Portanto, os passos até aqui detalhados já fornece os valores necessários para a quantificação do CO₂ emitido.

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO NÚMERO DE ÁRVORES NECESSÁRIO À FIXAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO EQUIVALENTE (CO₂e)

A compensação dos GEE gerados na fazenda foi realizada por meio do plantio de árvores nativas em áreas que foram degradadas ao longo dos anos.

Para a apresentação da proposta de compensação, foi utilizado como referência o artigo elaborado pelo Centro de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, Universidade de São Paulo - "Estimativa da Biomassa e Carbono em Áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas" (LACERDA *et al.*, 2009).

No referido artigo, foram utilizadas espécies de mata nativa do estado de São Paulo, onde se elaborou modelos de quantificação de carbono por árvore.

Uma árvore cresce lentamente, e o valor de uma emissão anual compensada em plantio levará certo tempo para que seja convertido em biomassa de árvores, por isso foi considerado que em média as árvores atingem a maturidade em um tempo estimado de 20 anos, apesar de saber-se que muitas árvores crescem durante períodos maiores que um século.

No trabalho realizado por Lacerda *et al.* (2009), não foi levado em consideração o volume de matéria orgânica no solo pelas raízes e por acúmulo da decomposição de galhos, folhas, flores e frutos.

O incremento médio anual por árvore, em biomassa total, da parte aérea (tronco + galhada) das plantas é de 6,55 Kg/árvore. Para CO₂ equivalente, este incremento é de 12,48 Kg/árvore. Isto representa 249,60 Kg/árvore de CO₂ equivalente no 20º ano, ou seja, quatro árvores por tonelada de CO₂ equivalente removido da atmosfera (LACERDA *et al.*, 2009).

RESULTADOS

AMOSTRAGEM DO CONSUMO DE DIESEL

Com a Tabela 1 é possível observar que no mês de outubro houve um maior consumo de combustível, isto ocorre devido ao início da primavera que é o período ideal para a plantação de muitas culturas (início das

chuvas), o que resulta em um maior número de emissões de GEE. Em seguida, a Figura 1 ilustra melhor a comparação entre o consumo nos meses especificados.

Tabela 1. Consumo de diesel no período de julho de 2009 a junho de 2010.

Mês	Consumo de diesel (litros)
Julho/2009	1207,0
Agosto/2009	645,0
Setembro /2009	1890,0
Outubro/2009	5272,0
Novembro/2009	3319,0
Dezembro/2009	2086,0
Janeiro/2010	3080,0
Fevereiro/2010	3071,0
Março/2010	2817,0
Abril/2010	3237,0
Maió/2010	3889,0
Junho/2010	635,0
Total	31148,0

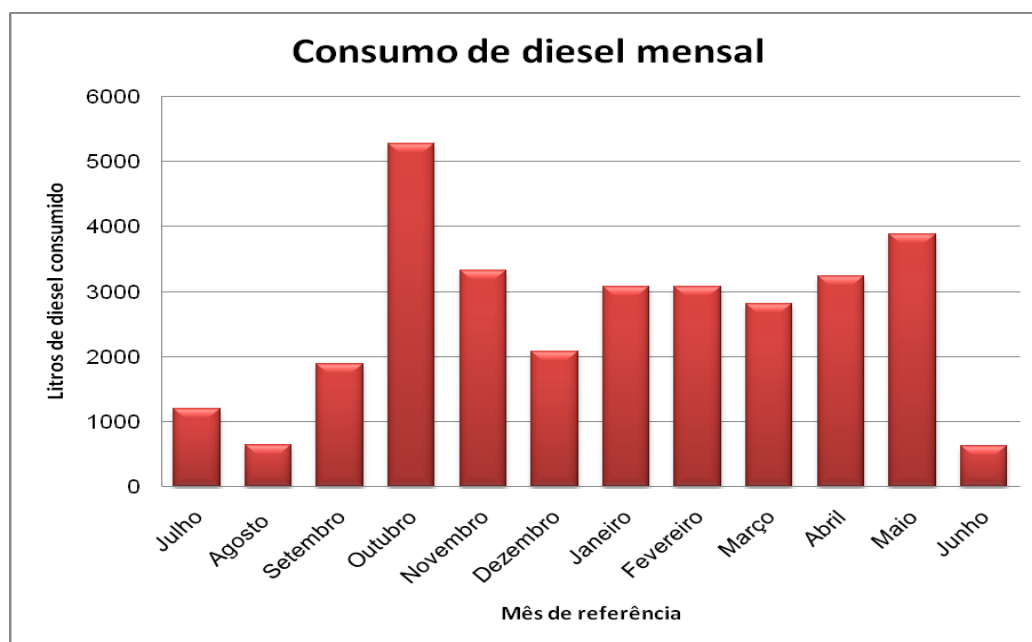


Figura 1. Consumo de diesel.

A partir da análise do gráfico, é perceptível que os meses de agosto e julho foram os que apresentaram menor consumo e consequentemente menores níveis de emissões de CO₂. Para este trabalho, porém, a importância destes dados está em seu conjunto, pois apenas um valor mensal não é significativo para a metodologia aplicada.

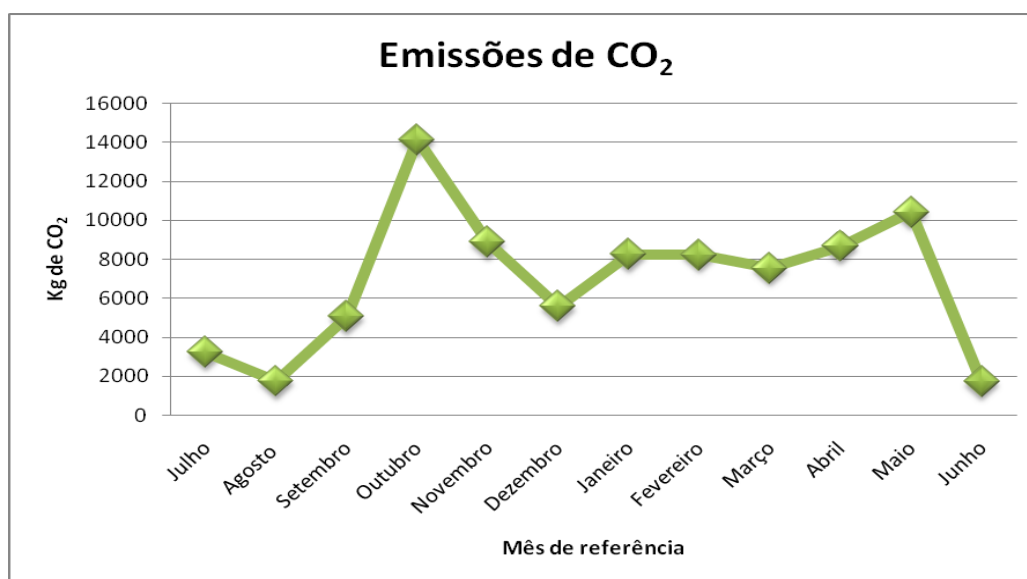
QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂

As informações a seguir, expressam os resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia proposta: A Tabela 2 demonstra os valores mensais de emissões de CO₂ em quilogramas.

Tabela 2. Emissões de CO₂ mensais.

Mês	Emissões de CO ₂ (kg)
Julho	3235,96
Agosto	1729,24
Setembro	5067,09
Outubro	14134,23
Novembro	8889,23
Dezembro	5592,56
Janeiro	8257,48
Fevereiro	8233,4
Março	7552,37
Abril	8678,39
Maio	10426,4
Junho	1702,43
Total	83322,0

A Figura 2 ilustra as emissões calculadas mensalmente.

Figura 2. Emissões de CO₂ no período de julho de 2009 a junho de 2010.

Em relação ao total global, foram emitidos **83.322,0** kg de CO₂ equivalente, aproximadamente **83,3** toneladas de CO₂. Deste total, apenas **2,7** (toneladas métricas) são referentes às emissões de CO₂ de biomassa contida no diesel, o que representa 3% do total e o restante **80,6** (toneladas métricas) ou 97% advém de derivados de petróleo (diesel), conforme verifica-se na Figura 3.

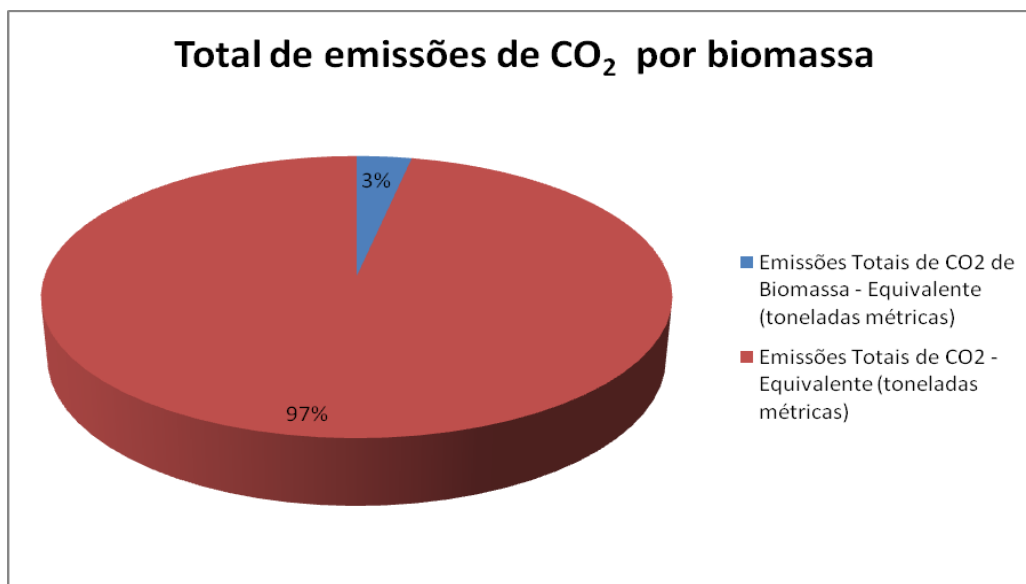


Figura 3. Total de emissões de CO₂ por biomassa.

COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com a metodologia adotada, chegou-se ao número de quatro árvores para que uma tonelada de CO₂ equivalente seja compensada.

Com a quantificação das emissões de CO₂ é possível afirmar que serão necessárias **334 árvores** para que as emissões de GEE referentes a um ano de utilização dos tratores sejam neutralizadas.

Estes números são arredondados, visto que não é possível fracionar o número de árvores a serem plantadas para compensação ambiental.

Algumas medidas de recuperação em áreas degradadas vêm sendo tomadas na fazenda Santa Eliza para que os danos causados pelas ações antrópicas sejam minimizados. Um projeto de reflorestamento para recuperação de mata ciliar já vem sendo implementado, o que traz benefícios para o clima.

Trata-se de um reflorestamento heterogêneo de espécies nativas regionais, elaborado pela empresa Schmidt Serviços e Comércio Agrícola Ltda – ME. Este projeto encontra-se em implantação às margens do córrego Santa Eliza.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, a recuperação florestal exige diversidade elevada (SÃO PAULO, 2008) compatível com tipo de vegetação nativa ocorrente no local, o qual foi obtido pelo plantio de mudas. O acompanhamento é feito regularmente para avaliar o desenvolvimento das espécies. A partir deste projeto de reflorestamento já existente, a proposta para a compensação ambiental dos GEE emitidos pelo maquinário agrícola, é plantar mais 334 mudas de espécies nativas seguindo a metodologia que já vem sendo aplicada, para que as emissões de um ano de utilização destas máquinas sejam neutralizadas.

O custo médio de cada muda de espécie nativa a ser plantada, com tamanho de 0,80 a 1,20 metros, é de aproximadamente R\$ 2,50 (MF RURAL, 2010). Desta forma, seria necessário um investimento inicial de cerca de R\$ 860,00; além dos custos com preparação do solo, manejo da área e mão-de-obra. Entretanto, estes valores podem ser praticamente desconsiderados, pois já existe um projeto em andamento e esta proposta consiste em ampliar este projeto afim de que haja a absorção do CO₂ emitido.

Portanto, o plantio destas novas árvores é totalmente viável, visto que estas mudas também entrariam no processo de recuperação das áreas degradadas e, como há uma metodologia definida e um monitoramento das espécies já existentes, não haveria problemas na execução desta proposta.

DISCUSSÕES

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que o uso das máquinas agrícolas da fazenda Santa Eliza traz consigo, além dos benefícios para aqueles que utilizam de seus serviços, uma parcela de malefícios para a questão climática global.

É importante ressaltar que a fazenda ainda conta com uma grande parcela de sua área verde preservada, o que traz benefícios para a população que vive em seu entorno e também atenua o problema das emissões ali geradas.

Entretanto, para que o plano de neutralização destas efetivamente dê resultados, seria imprescindível levar em consideração a questão da adicionalidade, o que significa adicionar novas mudas de árvores para recuperar áreas que já foram degradadas, para que estas possam capturar os GEE emitidos e compensar as referidas emissões.

A questão da utilização de biocombustíveis também pode ser uma grande aliada para a redução destas emissões de fontes móveis, uma vez que o biodiesel emite uma quantidade menor de CO₂.

Como visto nos resultados, a utilização do diesel pelos tratores é responsável pela emissão de 83,3 toneladas de CO₂ equivalente (mesmo com um percentual de biocombustível já incluso) e necessita de 334 árvores para sua neutralização. Caso essas emissões continuem acontecendo da mesma forma e não haja nenhum tipo de redução, será necessário o plantio de 334 árvores a cada ano para que realmente ocorra a compensação ambiental.

Caso houvesse uma mudança no tipo de combustível e os tratores passassem a utilizar o **biodiesel** como fonte de energia para as mesmas condições apresentadas neste trabalho, seriam emitidas **77,8** toneladas de CO₂ equivalente, isso significa que **5,5** toneladas de CO₂ deixariam de ser lançadas na atmosfera anualmente.

CONCLUSÃO

A partir deste trabalho é possível considerar que as emissões de CO₂ geradas pelas máquinas agrícolas influenciam diretamente na emissão de GEE, contribuindo para a agravação do aquecimento global.

As informações aqui levantadas reforçam a importância de se avaliar e quantificar as emissões de GEE, desde as pequenas atividades até aquelas com alto potencial poluidor. Estes dados são imprescindíveis para que seja numericamente visível aquilo que já é sentido há tempos pela natureza.

Com este conhecimento, também é possível projetar compensações para as emissões inevitáveis, assim como tornar os processos geradores de poluição mais eficientes, reduzindo ou neutralizando seus lançamentos de GEE na atmosfera.

Sendo assim, é preciso atentar quanto aos sinais que o meio ambiente tem demonstrado; atitudes concretas devem ser tomadas para que as ações antrópicas não prejudiquem as condições de vida saudável na Terra, especialmente antes que o problema das mudanças climáticas tome proporções nunca estimadas e, conseqüentemente, irreversíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. *Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira*. 06p. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/lei11097_13jan2005.pdf>. Acesso em 10 out. 2010.
2. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Biodiesel, o novo combustível do Brasil: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB)*. [2008]. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/Folder_biodiesel_portugues_paginado.pdf>. Acesso em 11 out. 2010.
3. CENAMO, M. C. *Mudanças Climáticas, O Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono*. 2004. 20p.
4. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. *Programa Brasileiro GHG Protocol: Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)*. São Paulo: FGV, 2009. Disponível em <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/publicacoes/publicacoes_portugues/cartilha_ghg_online.pdf>. Acesso em 06 abr. 2010.
5. GHG Protocol Brasil. Disponível em <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/>>. Acesso em 10 out. 2010.
6. INSTITUTO AGRÔNOMICO DE CAMPINAS – IAC. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/>>. Acesso em 19 abr. 2010.
7. LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. L. *Estimativa da Biomassa e Carbono em Áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas*. METRVM, 2009. Disponível em <<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2009-n05.pdf>>. Acesso em 10 out. 2010.
8. MF Rural. Disponível em <<http://www.mfrural.com.br/>>. Acesso em 13 nov. 2010.
9. SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução nº 08 de 31 de janeiro de 2008. *Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas*. Diário Oficial do Estado, Poder Executivo, São Paulo: 1º de fevereiro de 2008. Seção I, páginas 31 e 32.
10. WORLD RESOURCES INSTITUTE. *Inventários Corporativos de GEE para o Setor Agrícola: etapas propostas de contabilização e relatório*. 2010. 42p. Disponível em <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/cms/arquivos/inventarios_agricola_230910.pdf>. Acesso em 10 out. 2010.