



Estimativa de emissões de N₂O devido à pecuária no estado de Alagoas e na região do alto sertão alagoano no período de 2000 a 2010

Eliane Moraes Santos¹, Mariana Santana Galdino¹, Stoécio Malta Ferreira Maia²

¹Bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica (PIBICT) Científica – IFAL. e-mails: emselly@hotmail.com; mari-galdino2011@hotmail.com

²Professor do Instituto Federal de Alagoas – Câmpus Murici. e.mail: stoecio.maia@ifal.edu.br

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo quantificar as emissões de N₂O provenientes do manejo de dejetos de animais, dejetos de animais depositados diretamente na pastagem, e dos dejetos de animais usados como adubo no estado de Alagoas no período de 2000 a 2010. As estimativas foram realizadas para os principais rebanhos do estado, e teve como ênfase a região do Alto Sertão Alagoano. Adotou-se como metodologia o Guia para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, e os relatórios de referência utilizados na elaboração da Segunda Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática. Os resultados foram expressos em termos de CO₂ equivalente e foi apresentada a contribuição relativa de cada rebanho. De acordo com os resultados obtidos, os rebanhos de bovinos são os principais emissores de N₂O, contribuindo com cerca de 227,9 Gg de CO₂ eq. no estado de Alagoas só em 2010. As emissões de N₂O cresceram 37 e 77%, respectivamente, para Alagoas e região do alto sertão entre 2000 e 2010. Portanto, maior atenção deve ser dada ao manejo dos rebanhos de bovinos de corte e de leite que juntos foram responsáveis por 80% das emissões. Adicionalmente, os resultados obtidos podem colaborar para as tomadas de decisões voltadas ao desenvolvimento de sistemas de manejo mais racionais, principalmente na região semiárida do nordeste brasileiro.

Palavras-chave: gases do efeito estufa, aquecimento global, manejo sustentável, semiárido.

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e o aquecimento global são tópicos de debate científico e de interesse público. O aumento dos “gases de efeito estufa” (GEE) de origem antrópica na atmosfera tem sido apontado como uma das principais causas das mudanças climáticas, porque aumentam o potencial de aquecimento global. O óxido nitroso (N₂O) é um dos gases mais significativos do efeito estufa, sendo que além dos processos naturais, é emitido pela intensificação das atividades antrópicas. Apesar da concentração de N₂O na atmosfera ser menor que a de dióxido de carbono (CO₂), a mensuração de seus fluxos é importante, pois este gás apresenta potencial de aquecimento global 298 vezes maior que o CO₂ (IPCC, 1995).

Nas nações mais industrializadas, a atividade industrial e a queima de combustíveis fósseis são os principais fatores que contribuem para o efeito estufa; enquanto que no Brasil, as maiores emissões provêm da mudança de uso da terra e da agricultura, estes setores são responsáveis por mais de dois terços das emissões nacionais dos GEE (Segunda Comunicação Nacional, 2010).

Das terras exploradas na agropecuária no Brasil 70% é direcionada para a pecuária, atividade considerada como uma das principais responsáveis pela produção dos GEE, como o metano (CH₄) e o N₂O. Ademais, o país apresenta o maior rebanho bovino comercial do mundo contribuindo de forma significativa para a liberação dos gases supracitados. De acordo com Cerri et al. (2009), em 2005 o Brasil emitiu um total de 2022,3 Mt eq.-CO₂, do qual, aproximadamente 15% (300 Mt) foram provenientes da pecuária. Em nível nacional, a pecuária brasileira é considerada como a maior fonte emissora de N₂O (47,5% das emissões) (Segunda



Comunicação Nacional, 2010). Isto pode ser explicado pelo sistema de criação extensivo com baixa produtividade por hectare.

As informações do Segundo Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa indicam a emissão total de GEE brasileira, para o ano de 2005, de 2.203.362 Gg de CO₂ eq., sendo a agropecuária responsável por 22% das emissões e a mudança no uso da terra por 57,5%. As emissões de N₂O pela agropecuária representam 90,6% das emissões nacionais deste gás e são provenientes principalmente da emissão dos solos. Entretanto, apesar da baixa emissão por unidade de área, a emissão pelas pastagens representa 39,4% das emissões de N₂O da agropecuária em virtude da grande extensão. Nesse contexto, 39,4% das emissões antrópicas de N₂O no Brasil é proveniente dos dejetos de bovinos (Segunda Comunicação Nacional, 2010).

Observa-se que o estado de Alagoas apresenta um dos maiores índices de desmatamento de sua vegetação nativa, com 31,5% do seu território ocupado com pastagens e 35,3% com agricultura (IBGE, 2006). Ainda, nos últimos dez anos o estado teve um aumento dos seus rebanhos, sobretudo dos bovinos superior a média brasileira (IBGE, 2011). Neste contexto, fica comprovado que os sistemas de produção animal podem contribuir de forma significativa com o aumento das concentrações atmosféricas dos GEE. As emissões ocorrem por meio do manejo e deposição dos dejetos, bem como da utilização do esterco como adubo.

A principal fonte de emissão de N₂O na pecuária são os dejetos devido a maior parte do N ingerido pelos animais ser excretado nos dejetos (Lima et al., 2002). A urina é considerada a maior fonte de emissão de N₂O em pastagens sendo que estas emissões são afetadas pela temperatura, disponibilidade de O₂ e condições do solo onde a urina foi depositada. Embora, certa quantidade de N₂O possa ser produzida no rúmen dos animais por meio da redução do nitrato (NO₃⁻) em amônia (NH₃) e amônio (NH₄⁺), as condições anaeróbicas ali presentes indicam que a produção de N₂O é baixa (Reay et al., 2005).

Por meio da quantificação e do monitoramento das emissões de GEE em sistemas agropecuários é possível avaliar o impacto ambiental gerado pelos manejos inadequados dos solos e dos animais. Nesse sentido, é possível propor medidas de mitigação das emissões de GEE de modo a compensar a atividade pecuária. A adoção de tais medidas na pecuária pode conferir ao Brasil credibilidade internacional por meio da prestação de serviços ambientais, valorando os produtos derivados da pecuária perante o mercado internacional. Enfim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as estimativas das emissões de N₂O resultantes de diferentes fontes da pecuária no estado de Alagoas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada foi a reportada no Guia para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), e os relatórios referência utilizados na elaboração da Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Segunda Comunicação Nacional, 2010).

Para as estimativas foram usados dados dos rebanhos das principais espécies de animais (bovinos de corte e de leite, bubalinos, aves, ovinos, caprinos, muares, asininos, suínos e equinos) disponíveis no levantamento sistemático da Produção Pecuária Municipal (PPM-IBGE) para o período de 2000 a 2010. A subdivisão dos referidos rebanhos, assim como, demais parâmetros referentes a quantidade de N excretado, foi feita a partir dos critérios adotados no Relatório Referência – Emissões de N₂O de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos.

Para os fatores de emissão, foram utilizados os padrões adotados preferencialmente aqueles oriundos da Segunda Comunicação Nacional (2010) que são fatores de emissão



específicos para as condições brasileiras. Quando não foi possível a utilização dos fatores de emissão específicos, foram adotados os fatores de emissão disponibilizados pelo IPCC (2006).

Os resultados foram expressos por tipo de rebanho (bubalinos, aves, suínos, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos, e bovinos de leite e de corte) e também convertidos para equivalente CO₂ (eq-CO₂). Para o cálculo da equivalência em CO₂, foi usado o Poder de Aquecimento Global (GWP) conforme recomendado pelo Segundo Relatório de Avaliação (SAR) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1995), o qual adota o coeficiente de equivalência para o N₂O de 298.

Foram realizadas as estimativas das emissões de N₂O provenientes das seguintes fontes:

- Manejo de dejetos;
- Dejetos de animais depositados diretamente na pastagem;
- Dejetos de animais aplicados como adubo.

O detalhamento dos procedimentos dos cálculos é apresentado a seguir:

2.1. Emissões de N₂O do manejo de dejetos animais

As emissões de N₂O provenientes dos sistemas de manejo de dejetos de animais (com exceção de pastagem e *daily spread*) foram calculadas de acordo com a metodologia do IPCC (2006).

Os efetivos dos rebanhos foram obtidos a partir do IBGE e contemplou os rebanhos de bubalinos, aves, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos, e bovinos de leite e de corte.

As emissões foram calculadas por categoria de animais e também por tipo de sistema de manejo de dejetos utilizado (Lagoa Anaeróbica, Biodigestor, Dry Lot, Esterqueira e Outros Sistemas).

Para o cálculo das emissões de N₂O de manejo de dejetos de animais foi aplicada a seguinte equação:

$$N_2O_{DEJETOS} = \sum M \sum T [E_{fet(T)} \times N_{ex(T)} \times AWMS_{(M,T)} \times EF_{3(M)}] / 10^6$$

onde,

$N_2O_{DEJETOS}$ = emissões de N₂O provenientes de sistemas de manejo de dejetos de animais (com exceção de pastagem e *daily spread*), em Gg N₂O-N/ano; **M** = tipo de manejo de dejetos de animais (Lagoa Anaeróbica, Biodigestor, Dry Lot, Esterqueira e Outros Sistemas); **T** = tipo do rebanho animal (gado de leite, gado de corte, suínos, aves, bubalinos, muares, asininos, ovinos e caprinos); $E_{fet(T)}$ = efetivo do rebanho tipo (T), em cabeças de animais por ano; $N_{ex(T)}$ = quantidade de nitrogênio excretada por animal do tipo (T), em kg N/ano; $AWMS_{(M,T)}$ = a proporção do N excretado pelos sistemas de manejo dos dejetos pelos animais do rebanho do tipo (T) no sistema de manejo tipo (M); EF_3 = fator de emissão de N₂O para o sistema de manejo por cada tipo de sistema de manejo de dejetos.

2.2. Emissões de N₂O dos dejetos de animais depositados diretamente na pastagem

A estimativa das emissões diretas de N₂O devido aos dejetos de animais depositados diretamente em pastagem foi realizada considerando o valor disponibilizado pelo Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência - Emissões de N₂O de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos, para a produção de nitrogênio na forma de dejetos (urina e fezes) em quilogramas por cabeça por ano. Os efetivos dos rebanhos foram obtidos a partir do IBGE e contemplou os rebanhos de bubalinos, aves, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos, e bovinos de leite e de corte.

As emissões de N₂O dos dejetos depositados diretamente na pastagem foram calculadas pela seguinte fórmula:



$$N_2O - N_{(mm)} = \sum_T (\mathbf{E}f_{et(T)} * N_{ex(T)} * \mathbf{F}rac_{PRP} * \mathbf{E}F_3) / 10^6$$

Onde,

$N_2O - N_{(mm)}$ = emissões de N_2O dos dejetos depositados diretamente na pastagem em Gg N_2O-N /ano; T = é o tipo de rebanho animal (bubalinos, aves, equinos, asininos, muares, caprinos, ovinos, e bovinos de leite e de corte); $\mathbf{E}f_{et(T)}$ = efetivo do rebanho tipo (T), em cabeças de animais por ano; $N_{ex(T)}$ = quantidade de nitrogênio excretada por animal do tipo (T), em kg N /ano; $\mathbf{F}rac_{PRP}$ = fração do N total excretado pelos animais diretamente em pastagens; $\mathbf{E}F_3$ = fator de emissão direta para pastagens (2%).

2.3. Emissões de N_2O dos dejetos de animais aplicados como adubo

As emissões de N_2O dos dejetos de animais aplicados como adubo, foram estimadas para os rebanhos de bovino de corte e leite, suínos, caprinos, asininos, muares, bubalinos, equinos, ovinos e aves. Estas emissões foram calculadas pela fórmula:

$$N_2O_{ADUBO} = \sum_T (\mathbf{E}f_{et(T)} * N_{ex(T)} * (1 - \mathbf{F}rac_{GASM}) * (1 - \mathbf{F}rac_{PRP}) * \mathbf{E}F_1) / 10^6$$

Onde,

N_2O_{ADUBO} = emissões de N_2O dos dejetos de animais aplicados como adubo em Gg N_2O-N /ano; T = categoria do rebanho; $\mathbf{E}f_{et(T)}$ = efetivo do rebanho tipo (T), em cabeças de animais por ano; $N_{ex(T)}$ = quantidade de nitrogênio excretada por animal do tipo (T), em kg N /ano; $\mathbf{F}rac_{GASM}$ = fração do N adicionado que é perdida por volatilização de NH_3 e NO_x ; $\mathbf{F}rac_{PRP}$ = fração do N total excretado pelos animais diretamente em pastagens; $\mathbf{E}F_1$ = fator de emissão direta.

Os resultados para as diversas fontes foram agrupados, e são apresentados neste trabalho às emissões por tipo de rebanho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas foram realizadas a partir da metodologia desenvolvida pelo IPCC (IPCC, 2006) para a realização de inventários nacionais de GEE. De acordo com a referida metodologia, as estimativas de emissões de GEE podem ser realizadas em três diferentes níveis de detalhamento denominados de *Tiers*. O Tier 1 preconiza a utilização de parâmetros globais que são disponibilizados no Guia do IPCC (IPCC, 2006). Já o Tier 2 requer que o país ou região forneça seus próprios parâmetros, ou seja, é preciso fornecer dados de entrada mais refinados e específicos para as condições do estudo. O Tier 3 representa o nível mais detalhado e requer o uso de modelagem matemática nas estimativas de emissões de GEE.

O presente trabalho usou na maioria dos cálculos o Tier 2, e para isto adotou os parâmetros disponibilizados no Relatório Referência – Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos. Este relatório compõe o Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa e trata-se do documento oficial brasileiro que é periodicamente apresentado a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). Somente na ausência de dados específicos para as condições brasileiras, foi adotado os parâmetros do Tier 1. Portanto, a metodologia utilizada neste trabalho representa a metodologia recomendada mundialmente e é composta pelos melhores parâmetros disponíveis atualmente.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das emissões de N_2O provenientes da pecuária no estado de Alagoas e na região do alto sertão alagoano por tipo de rebanho animal para os anos 2000, 2005 e 2010.



Os dados demonstram o quanto a emissão de N₂O aumentou no decorrer dos anos. Percebe-se que em 2000, a pecuária no estado de Alagoas foi responsável pela emissão de 202,26 Gg de CO₂ eq., enquanto que em 2010 a emissão foi de 277,51 Gg de CO₂ eq. Ainda na região do Alto Sertão, as emissões aumentaram 18,03 Gg de CO₂ eq. em 2000 para 31,95 Gg de CO₂ eq. em 2010, ou seja, um aumento no decênio da ordem de 37 e 77%, respectivamente. Observa-se que o alto sertão alagoano apesar de representar atualmente somente 11% das emissões do estado de Alagoas, apresentou nos últimos dez anos um aumento das emissões de N₂O bem superior a média estadual, indicando, uma maior atenção a esta região.

O aumento de emissão de N₂O tanto no estado, como especificamente na região do alto sertão alagoano está diretamente relacionado ao aumento do rebanho bovino que cresceu 57% no estado e 89% na região do alto sertão entre 2000 e 2010.

Desse modo, constata-se que o rebanho bovino de corte é o principal responsável pelas emissões de N₂O no ano de 2010. Na sequência o rebanho de bovinos de leite emitiu cerca de 60,67 Gg CO₂ eq. em 2010.

Os rebanhos de menor influencia foram os de suínos e bubalinos. O rebanho de suínos emite menos comparado com outros rebanhos pelo fato dos seus dejetos não serem depositados diretamente na pastagem. Ainda contribuindo para este aspecto tem o tamanho do rebanho, que é em menor número do que os demais.

Tabela 1 – Emissão de N₂O (CO₂ equivalente) por tipo de rebanho animal no estado de Alagoas e região do Alto Sertão Alagoano, nos anos de 2000, 2005 e 2010.

	----- 2000 -----		----- 2005 -----		----- 2010 -----	
	Alagoas	Alto Sertão	Alagoas	Alto Sertão	Alagoas	Alto Sertão
	----- Gg CO ₂ eq. -----					
Bovinos de corte	96,66	8,205	129,29	9,202	167,24	16,47
Bovinos de leite	65,13	5,229	64,21	5,620	60,67	7,494
Caprinos	2,57	0,804	3,58	1,383	3,47	1,412
Suínos	0,20	0,031	0,23	0,014	0,28	0,021
Muares	5,43	0,481	5,42	0,309	4,25	0,429
Asininos	1,83	0,504	2,36	0,480	2,54	0,517
Aves	14,24	0,638	14,46	0,516	14,75	0,551
Ovinos	5,19	0,520	10,75	2,867	10,79	3,334
Equinos	10,50	1,615	12,78	1,466	13,12	1,723
Bubalinos	0,50	0,000	0,43	0,000	0,41	0,001
Total	202,26	18,03	243,52	21,86	277,51	31,95

Na Figura 1 é apresentado a evolução das emissões de N₂O devido à pecuária por rebanho animal no estado de Alagoas, durante os anos 2000 a 2010. Essas emissões são apresentadas em Gg de CO₂ eq. Verifica-se que as emissões do rebanho de bovinos de corte aumentaram a partir do ano 2003, enquanto que as emissões dos bovinos de leite mantiveram-se constantes, apenas havendo um acréscimo no ano de 2007 e posteriormente uma leve redução a partir do ano de 2008.

Observa-se ainda que, as emissões do rebanho de ovinos também aumentaram, sendo que o maior aumento ocorreu entre os anos 2000 e 2001. Outro rebanho cujas emissões também são significativas é o rebanho de aves, suas emissões são menores apenas, que as emissões dos rebanhos de bovinos de corte e de leite.

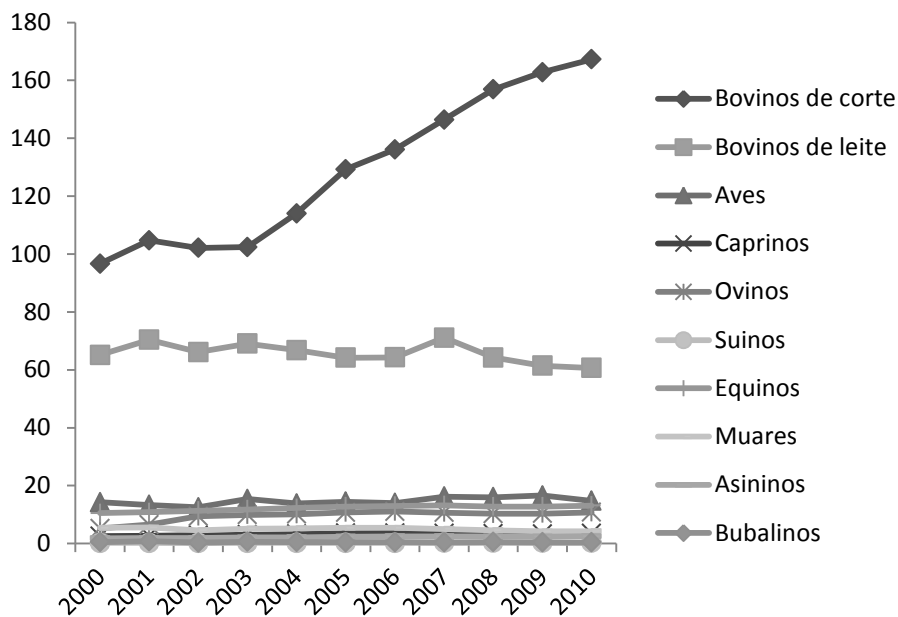


Figura 1 - Evolução da emissão por rebanho em Gg de CO₂ eq., para todos os anos no Estado de Alagoas.

Analisando a contribuição relativa de cada rebanho no estado de Alagoas, no período de 2000 a 2010, conforme mostra a Figura 2, verifica-se que o rebanho bovino representa 80% das emissões, sendo seguido pelas aves com 6%; equinos, 5%; ovinos, 4%; caprinos, 2%; muares 2% e os demais rebanhos correspondendo a 1% das emissões. Estes percentuais são calculados de um total de 2665,58 Gg de CO₂ eq., que foram emitidos entre os anos 2000 e 2010.

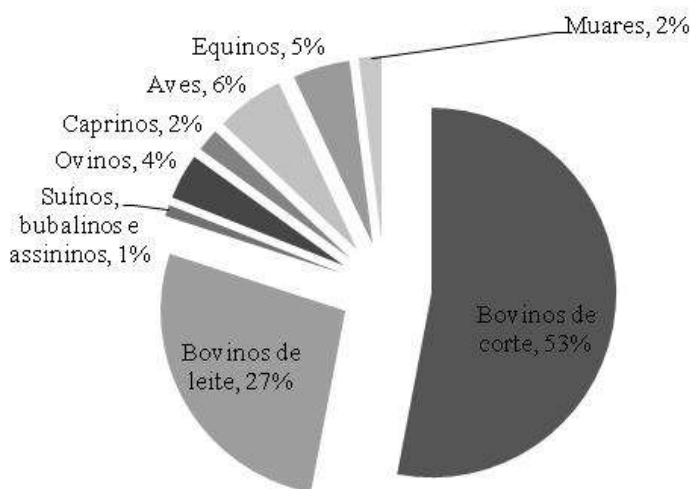


Figura 2 – Distribuição relativa (%) das emissões de CO₂ por rebanho.



Os resultados obtidos se configuram como dados básicos necessários para que no futuro se tenha uma produção de carne e leite mais sustentável no estado de Alagoas. As informações geradas permitem direcionar estudos futuros e ajudar na proposição de alternativas de manejo mais sustentáveis, visto que foi determinado quais rebanhos são mais importantes no que se refere a emissões de N_2O e como se deu a evolução das emissões. Portanto, essas informações são importantes para os processos de tomada de decisão por parte do poder público e também dos produtores, e poderão ainda contribuir para conferir à pecuária alagoana certificações ambientais que valorizem a qualidade dos produtos.

4. CONCLUSÕES

O rebanho bovino, principalmente o de corte, requer monitoramento especial quanto às emissões de N_2O em virtude de representar 80% das emissões.

No último decênio houve um incremento significativo das emissões de N_2O no estado de Alagoas. Este aumento demonstra a necessidade da realização de estudos mais acurados para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais sustentáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola*, v. 66, p. 831-843, 2009.

EMBRAPA. Relatório de referência – Emissões de Óxido Nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos – Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (2010).

SEGUNDA COMUNICAÇÃO NACIONAL. Segunda Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília. 520p, 2010.

IBGE, 2006. **Censo Agropecuário 2006**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006, 141 p.

IBGE (2011) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em janeiro de 2011.

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Agriculture, Forestry and Other Land Use, vol.4. IGES, Hayama, Japan.

IPCC, OECD, IEA, 1995. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Bracknell, UK.

LIMA M. A.; LUIZ A. J. B.; VIEIRA R. F.; PESSOA M. C. P. Y.; NEVES M. C. Emissões de óxido nitroso (N_2O) provenientes de solos agrícolas – Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Relatório de Referência. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília. 130p, 2002.

REAY, D.; SMITH, K.A.; EDWARDS, A.C.; HISCOCK, K.M.; DONG, L.F.; NEDWELL, D. Indirect nitrous oxide emissions: revised emission factors. *Environm. Sciences*, 2: 153-158, 2005.