

**Universidade de São Paulo
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Fluxo de gases de efeito estufa no solo com deposição de fezes e
urina de bovinos de corte na região Sudoeste da Amazônia**

Marília Barbosa Chiavegato

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Química na
Agricultura e Ambiente

**Piracicaba
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Marília Barbosa Chiavegato
Engenheira Agrônoma

**Fluxo de gases de efeito estufa no solo com deposição de fezes e urina de
bovinos de corte na região Sudoeste da Amazônia**

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS CLEMENTE CERRI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Química
na Agricultura e no Ambiente

**Piracicaba
2010**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Chiavegato, Marília Barbosa

Fluxo de gases de efeito estufa no solo com deposição de fezes e urina de bovinos de corte na região Sudoeste da Amazônia / Marília Barbosa Chiavegato; orientador Carlos Clemente Cerri. - - Piracicaba, 2010.

102 f.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Bovinocultura de corte 2. Confinamento animal 3. Dejetos 4. Metano 5. Óxido nitroso I. Título

CDU 636:504.7

A Deus pela força e coragem de continuar sempre.

DEDICO

Aos meus pais e exemplos Ederaldo e Lisete;

Aos meus irmãos e melhores amigos Veridiana e Reynaldo;

Ao meu noivo e companheiro de vida Guilherme;

Com todo meu amor.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, coragem, iluminação, proteção e principalmente pela oportunidade de viver;

A Santo Antônio por me socorrer todas as vezes que precisei;

Ao orientador Dr. Carlos Clemente Cerri pelo apoio em todas as fases desta pesquisa e pelos ensinamentos transmitidos;

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pela oportunidade de estar na pós-graduação;

A Dra. Brigitte Feigl pelo acompanhamento e suporte nas atividades;

Ao Dr. Carlos Eduardo Pellegrino Cerri pelo auxílio em diversas etapas deste trabalho;

Ao Sr. Marco Antonio Penati e ao Centro de Treinamento do Departamento de Zootecnia (ESALQ/USP) pelo apoio no experimento teste;

Aos proprietários da Agropecuária Nova Vida por ceder a área de estudo e por todo apoio durante a condução do experimento;

Ao pessoal da Nova Vida pela companhia, apoio e amizade concedida em tão pouco tempo de convivência: Wanderley, Zezinho, Grazi, Priscila, Luciana, Raphael, Maranhão, Renan, Djarley, Daniel, Wellington, Zé do leite e seu filho e todos os peões dos retiros;

Ao Dr. Richard Eckard pela orientação à distância;

A Dra. Wendy Powers por me receber em seu grupo de trabalho e pela orientação nas análises estatísticas;

Ao Eráclito e ao Laboratório de Ecologia Aplicada por me cederem o cromatógrafo e pelo apoio nas análises;

À Comissão de Pós-Graduação do CENA/USP e às secretárias da Pós-Graduação Cláudia, Neuda e Mara pelo apoio durante o mestrado e para as fases que virão;

À FAPESP pelo apoio financeiro na execução desta pesquisa;

Ao Sr. Luiz Cláudio Paladini pela companhia cruzando o Brasil e por toda ajuda na condução dos experimentos.

À amiga Angélica pela inquestionável parceria em todos os momentos, das manhãs frias no pasto às noites de filme no cromatógrafo;

Ao colega João Luís pelo apoio e acompanhamento desde a ideia inicial deste trabalho;

Aos colegas do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental: Adriana, Leidivan, Daniel, André, Maisa, Bruna, Guilherme, João, Marcos, Stoécio, Ciniro, Chico, Cindy, Gregori, Karina, Felipe e Carol pela convivência e amizade;

Aos funcionários do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental: Zezinho, Lilian, Dagmar, Sandra, Ralf e Admilson pelos auxílios em todos os trabalhos laboratoriais;

As meninas da República Alforria pela amizade e risadas nos momentos de descontração;

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e participaram do meu crescimento pessoal,

Muito obrigada!

***“Quando trabalhamos só com mira nos bens materiais,
construímos nós próprios a nossa prisão.
Encarceramo-nos, sozinhos com as nossas moedas de cinza,
que não compram nada que valha a pena viver.”***

Antoine Saint-Exupéry

***“Há quem diga que todas as noites são de sonhos.
Mas há também quem diga nem todas, só as de verão.
Mas no fundo isso não tem muita importância.
O que interessa mesmo não são as noites em si, são os sonhos.
Sonhos que o homem sonha sempre.
Em todos os lugares, em todas as épocas do ano,
Dormindo ou acordado.”***

William Shakespeare

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Região Sudoeste da Amazônia	17
2.2 Atividade pecuária na Amazônia	18
2.3 Emissões de GEE na pecuária.....	19
2.3.1 Produção de GEE em dejetos animais.....	20
2.3.1.1 Metano (CH ₄).....	21
2.3.1.2 Óxido Nitroso (N ₂ O).....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Experimento teste	28
3.1.1 Descrição do local de estudo	28
3.1.2 Implantação e condução do experimento.....	28
3.2 Experimento realizado na Agropecuária Nova Vida	30
3.2.1 Descrição do local de estudo	30
3.2.2 Descrição da área experimental.....	33
3.2.3 Gases de efeito estufa provenientes dos dejetos animais.....	34
3.2.4 Cálculo das emissões totais de gases de efeito estufa	39
3.2.5 Umidade e teor de carbono nas fezes.....	42
3.2.6 Umidade e teor de nitrogênio no solo.....	43
3.2.7 Análises estatísticas.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Experimento teste	45
4.1.1 Fluxo de CH ₄ em solo com deposição de fezes	45
4.1.2 Fluxo de N ₂ O em solo com deposição de urina	47
4.2 Experimento conduzido na Agropecuária Nova Vida	48
4.2.1 Alimentação e dejetos animais.....	48
4.2.2 Metano (CH ₄).....	49
4.2.2.1 Temperatura ambiente e precipitação pluvial.....	49
4.2.2.2 Umidade e temperatura das fezes	52
4.2.2.3 Teor de carbono das fezes.....	55
4.2.2.4 Fluxo de CH ₄ nos solos sob pastagem.....	57
4.2.2.5 Fator de emissão de CH ₄ proveniente das fezes	65

4.2.3 Óxido nítrico (N ₂ O)	69
4.2.3.1 Temperatura ambiente e precipitação pluvial.....	69
4.2.3.2 Umidade do solo.....	71
4.2.3.3 Teor de nitrogênio do solo.....	72
4.2.3.4 Fluxo de N ₂ O nos solos sob pastagem	73
4.2.3.5 Fator de emissão de N ₂ O proveniente da urina	79
4.3 Balanço das emissões de gases de efeito estufa na pecuária.....	82
5 CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXOS	97

RESUMO

Fluxo de gases de efeito estufa no solo com deposição de fezes e urina de bovinos de corte na região Sudoeste da Amazônia

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) para atmosfera representam um dos principais desafios da população mundial atualmente. A pecuária contribui para as emissões antrópicas principalmente de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) à atmosfera. O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo e assim, possui importante participação nas emissões destes gases. As emissões de CH_4 são provenientes principalmente da fermentação entérica e da deposição de fezes nos solos sob pastagem, as emissões de N_2O são provenientes da urina. Os fatores de emissão utilizados para quantificar as emissões na pecuária foram desenvolvidos pelo Intergovernamental Panel of Climate Change baseados em pesquisas realizadas em regiões de clima temperado. Dessa maneira faz-se necessária a determinação de fatores específicos as condições tropicais brasileiras possibilitando exatidão na quantificação das emissões de GEE. O presente trabalho teve como objetivo quantificar as emissões de CH_4 provenientes das fezes e de N_2O provenientes da urina de bovinos de corte depositadas em solos sob pastagens, assim como verificar a interferência de diferentes manejos dos animais, fatores climáticos e fatores intrínsecos aos dejetos nestas emissões. A pesquisa foi desenvolvida em propriedade privada (Agropecuária Nova Vida, localizada em Ariquemes, RO), produtora de bovinos de corte em sistemas de manejo à pasto e emi-confinamento. As emissões de CH_4 e N_2O foram quantificadas nos dejetos provenientes dos animais à pasto e em semi-confinamento, em duas áreas experimentais: pasto sem e com cobertura protegendo as amostras da insolação direta e precipitação pluvial. Durante o período de coleta dos gases (10 dias) foram verificadas variações na umidade, temperatura e teor de carbono nas fezes, umidade e teor de nitrogênio no solo com adição de urina em diferentes profundidades (0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm). Adicionalmente, foram quantificadas as emissões de CH_4 e N_2O provenientes do solo sem deposição de dejetos, como tratamento testemunha. Com relação às variáveis climáticas, verificou-se interação significativa da umidade das fezes com a produção de CH_4 no bolo fecal. A produção de N_2O é extremamente variável, apresentando variação temporal e sazonal. O efeito da dieta na produção dos gases nos dejetos não pode ser avaliado devido a problemas metodológicos. Os fatores de emissão encontrados foram: $0,6 \text{ kg C-CH}_4 \text{ animal}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $0,05 \text{ kg N-N}_2\text{O} \text{ kg N aplicado}^{-1}$, para fezes e urina depositadas no solo, respectivamente. O balanço das emissões de GEE na propriedade foi calculado considerando todas as fontes de emissão de CH_4 e N_2O e o estoque de C nas pastagens. A emissão líquida determinada foi de $5.350 \text{ Mg C-equivalente}$ na propriedade no ano de 2009. Limitações metodológicas proporcionaram a geração de resultados considerados parciais. Futuras pesquisas são sugeridas para que o conhecimento das emissões de CH_4 provenientes das fezes e N_2O da urina de bovinos em clima tropical seja consolidado.

Palavras-chave: Bovinocultura de corte; Confinamento animal; Dejetos; Metano; Óxido nitroso

ABSTRACT

Greenhouse Gases emissions from soil with feces and urine from beef cattle in the Amazon Southwest region

Global warming and greenhouse gases (GHG) emissions to the atmosphere represent one of the major challenges to modern society. Livestock production contributes mainly to methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions. Brazil has the largest commercial cattle herd in the world and accordingly contributes a significant amount to global emissions levels of these gases. Methane emissions are mainly from enteric fermentation and feces deposition on soils under pastures. Nitrous oxide emissions occur from urine deposition on soils under pastures. Emission factors that are used to quantify livestock emissions were defined by the Intergovernmental Panel on Climate Change and were developed based on studies conducted in temperate regions. However, it is necessary to determine specific emission factors that reflect the reality of Brazilian tropical conditions allowing accurate GHG emissions quantification. This study aims to quantify CH₄ emissions from feces and N₂O from urine of beef cattle deposited on soils under pastures. It also intends to verify the interference of different animal managements, weather and intrinsic manure factors on emissions levels. The research was conducted on a private property (Agropecuária Nova Vida) located in Ariquemes, RO. The Farm's main activity is beef cattle production based on grazing and semi-confinement systems. Emissions of CH₄ and N₂O are quantified on two experimental areas: pasture without coverage and pastures with coverage protecting the samples from direct sunlight and rainfall. In addition to gases sampling (10 days) on feces moisture, temperature and carbon content are monitored. Moisture and nitrogen content in the soil with urine deposition are monitored at different depths (0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm). Additionally, we have quantified CH₄ and N₂O emissions from soil without manure deposition as a control treatment. We have found statistically different emissions levels between soils with and without manure. Moisture on feces had a statistical significant effect on CH₄ emissions from feces. Nitrous oxide production is extremely variable with temporal and seasonal variations. The effect of diet on gases production in manure is not evaluated due to methodological problems. The estimations for emission factors are: 0.6 kg CH₄-C animal⁻¹ year⁻¹ and 0.05 kg N₂O-N kg N⁻¹ for feces and urine deposited in the soil, respectively. The GHG balance of the whole farm is calculated considering all sources of emission and the C stocks in pastures. The annual net emissions for the farm are determined as 5350 Mg C equivalent. Methodological limitations provided partial results. Future research is suggested to achieve better estimations on CH₄ and N₂O emissions from beef cattle feces and urine in tropical climate.

Key-words: Beef cattle; Confinement; Manure; Methane; Nitrous oxide

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) são temas amplamente discutidos atualmente. A concentração de GEE na atmosfera tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, principalmente como resultado das atividades antrópicas. A agricultura e a pecuária contribuem para as emissões antrópicas principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O) à atmosfera. Entretanto, o aumento da concentração atmosférica de CO_2 deve-se em grande parte ao uso de combustíveis fósseis (CERRI et al., 2009).

Na pecuária os principais GEE emitidos à atmosfera são CH_4 e N_2O . O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo e assim torna-se responsável por grande parte das emissões globais destes gases. A produção de CH_4 pelos ruminantes é considerada a terceira maior fonte do gás em escala global (PRIMAVESI et al., 2004) sendo a fermentação entérica a principal via produtora de metano nos animais (SIDIROPOULOS E TSILINGIRIDIS, 2009).

A fermentação entérica é parte do processo digestivo dos animais ruminantes. A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbico que converte carboidratos celulósicos em ácidos graxos. Esta transformação produz CO_2 e CH_4 eliminados com os gases respiratórios (BOADI et al., 2004). A emissão global de CH_4 pelos processos entéricos é estimada em cerca de 80 teragramas ao ano (Tg), o que corresponde a aproximadamente 20% da emissão total de CH_4 gerada por fontes antrópicas. A emissão proveniente de dejetos animais é estimada em cerca de 26 Tg ano⁻¹, correspondendo a 7% da emissão total (PRIMAVESI et al., 2004). Dessa forma, pesquisas tem sido desenvolvidas no Brasil no sentido de quantificar as emissões de CH_4 provenientes da fermentação entérica. Entretanto, devido ao fato de as emissões de CH_4 provenientes dos dejetos de bovinos serem menores, poucas pesquisas visando quantificar estas emissões estão sendo realizadas no país.

Com relação ao N_2O , em termos globais a emissão antrópica foi estimada em cerca de 5,7 Tg N ano⁻¹. Destas emissões os solos agrícolas são responsáveis por 2,5 Tg N e as emissões diretas de animais em pastagens por 1,6 Tg N (LIMA et al., 2006b).

Assim, a aplicação de fertilizantes nitrogenados nos solos é considerada a principal fonte de emissão de N_2O para atmosfera (IPCC, 2007).

Os processos bióticos do solo contribuem com aproximadamente 90% da produção global de N_2O (LIMA et al., 2006b) e as emissões nos solos ocorrem como consequência dos processos microbiológicos (nitrificação e desnitrificação), a partir do nitrogênio mineral (CHIANESE et al., 2009). De maneira semelhante às emissões de CH_4 , faltam pesquisas brasileiras focando a quantificação das emissões de N_2O provenientes da deposição de dejetos de bovinos nos solos sob pastagem.

Os fatores de emissão utilizados para quantificar as emissões brasileiras, no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE (MCT, 2004) foram obtidos em metodologia proposta pelo Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC, 1997). Entretanto, as pesquisas realizadas pelo IPCC foram realizadas em sua maioria em regiões de clima temperado. Assim, a utilização destes fatores em regiões tropicais pode gerar resultados questionáveis.

Diante do exposto, este trabalho apresenta dois objetivos principais:

- 1) Quantificar as emissões de CH_4 provenientes das fezes e de N_2O da urina de bovinos depositadas em solos sob pastagem, para condições de clima tropical;
- 2) Verificar a interferência da alimentação animal e de fatores climáticos e intrínsecos aos dejetos nas emissões.

As hipóteses do trabalho, diante dos objetivos mencionados, são: i) as emissões CH_4 e N_2O provenientes dos dejetos de bovinos em clima tropical são menores que as emissões em clima temperado; ii) existem variações nos fluxos de emissão dos gases relacionadas à dieta animal e condições climáticas da região.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo aquecimento global refere-se à ampliação do efeito estufa causado principalmente pelo aumento da concentração de certos gases na atmosfera. Estes gases impedem a liberação do calor emitido pela superfície terrestre para o espaço, a partir de seu aquecimento pelo sol, tal qual ocorre numa estufa. Entre os gases de efeito estufa (GEE), os mais significativos são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) emitidos pela intensificação da atividade antrópica (NAE, 2005). As consequências adversas desse fenômeno, que se manifestam como mudanças climáticas, estão entre as principais preocupações ambientais da atualidade enfrentadas pela população mundial (CHIANESE et al., 2009; KERR, 2005).

No Brasil, a proporção entre as contribuições dos GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis, agricultura e mudanças do uso da terra apresenta padrões diferentes daqueles observados globalmente. Aqui, a contribuição da queima de combustíveis fósseis é menos importante (MCT, 2004), enquanto a mudança de uso da terra (desmatamento) e a agricultura são responsáveis por mais de dois terços das emissões. Quando as emissões de GEE provenientes do processo de desmatamento e agricultura passam a ser contabilizadas, o Brasil salta da 17ª para 5ª posição na relação dos países que mais emitem GEE (FEARNSIDE, 2000).

2.1 Região Sudoeste da Amazônia

O desmatamento para a expansão da pecuária e agricultura se mostra mais expressivo nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil nas últimas décadas. Neste contexto de mudança de uso da terra, a região sudoeste da Amazônia constitui uma das maiores fronteiras agrícolas do mundo, com destaque para os estados de Rondônia e Mato Grosso. No estado de Rondônia o desmatamento para introdução de pastagens tem sido muito intenso desde a década de 70. Estudos das alterações biogeoquímicas passaram a ser realizados nesta região resultando em um amplo quadro quantitativo sobre o estoque de carbono (C) nas camadas superficiais do solo, a dinâmica de

nutrientes e os fluxos de GEE entre o solo e a atmosfera durante a sequência de coberturas vegetais e mudanças de uso da terra.

A principal mudança de uso da terra na Amazônia deve-se a enorme expansão da área ocupada pelas pastagens plantadas, ocupando cerca de 70% das áreas desmatadas (MARGULIS, 2003). Atualmente a implantação de pastagens em áreas desmatadas ainda é relevante. A crescente expansão das atividades agropecuárias constitui um potencial de degradação do meio ambiente na Amazônia sem considerar as potencialidades e limitações das terras (MENDONÇA, 2005). A atividade pecuária de corte no Brasil se desenvolveu com a expansão da fronteira agrícola, incorporando novas áreas ao sistema extensivo de produção em regiões com pouca infra-estrutura e com a utilização de terras esgotadas pela produção de grãos (VEIGA et al., 2004).

O uso intensivo da terra invariavelmente tem efeitos negativos tanto sobre o ambiente como sobre a produtividade agrícola quando não se adotam práticas conservacionistas (FOLEY et al., 2005; CERRI et al., 2004). No que se refere ao ambiente, a redução da quantidade de matéria orgânica do solo é acompanhada pelo aumento das emissões de GEE para a atmosfera, potencializando o aquecimento global (KNORR et al., 2005). Quanto à produtividade agrícola, o uso intensivo da terra reduz e altera a qualidade da matéria orgânica remanescente no solo. Essas alterações se verificam, por exemplo, na desagregação e desestruturação do solo com perdas por erosão, na redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas e na menor capacidade de armazenamento de água. Estes são alguns fatores que refletem negativamente na produtividade agrícola, conseqüentemente na produção de alimentos e na sustentabilidade do sistema solo-planta-atmosfera (SIX et al., 2004; LAL, 2003).

2.2 Atividade pecuária na Amazônia

As áreas submetidas a usos agropecuários na região Amazônica vêm exibindo sérios problemas quanto à conservação dos recursos naturais. Atualmente, cerca de 60% da área ocupada com pastagens nestas regiões se encontra em avançado processo de degradação (IBGE, 2009). Tal situação decorre do manejo inadequado dos animais e ausência de adubação corretiva e de manutenção (MACEDO, 2000).

Resultados preliminares divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), revelam que a área de pastagens na Região Norte saltou de 24,3 milhões de hectares em 1995 para 32,6 milhões em 2006, um avanço de 33,8% nas terras dedicadas à pecuária.

Considerado o avanço regional da pecuária no país, houve retração de 3% na utilização de terras para pecuária no Sul, Sudeste e Centro-Oeste. No Norte, houve o avanço, que aparece atrelado ao aumento do rebanho bovino regional, da ordem de 80,7%, com acréscimo de quase 14 milhões de cabeças (IBGE, 2009).

Até 1970 as áreas desmatadas na Amazônia para fins agropecuários não chegavam a 3% da área total da região e hoje representam mais de 10%. É importante notar que o quociente é a área total da Amazônia Legal (5.075 milhões km²) e não a sua área originalmente florestada de 4.190 milhões km² (MARGULIS, 2003).

2.3 Emissões de GEE na pecuária

Na pecuária, os GEE de maior importância são o CH₄ e o N₂O. As emissões se dão através da fermentação entérica e a partir de dejetos dos bovinos. A fermentação entérica resulta em grandes emissões de CH₄ para a atmosfera, assim como as fezes (NOVAK E FIORELLI, 2010; LIMA et. al., 2006a). Já a urina promove, principalmente, emissões de N₂O (CARTER, 2007). Além desses gases, a degradação dos dejetos no campo pode emitir CO₂, mesmo que em pequenas escalas (JICONG et al., 2006).

Com o propósito de mensurar as emissões de GEE no Brasil, o Ministério da Ciência e Tecnologia coordenou, em 2004, a realização do Primeiro Inventário Brasileiros de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2004). Pelos resultados desse trabalho, relativos à pecuária, estima-se que as emissões totais de CH₄ provenientes da fermentação entérica dos animais foram de 8,8 Tg (1 Teragrama - Tg = 10¹² gramas) e as provenientes dos sistemas de manejo de dejetos animais em 0,3 Tg para o ano de 1990. As mesmas medidas realizadas após 4 anos revelaram que as emissões de CH₄ provenientes da pecuária elevaram-se para 9,8 Tg, sendo que 9,4 Tg foram atribuídos à fermentação entérica e 0,4 Tg ao manejo de dejetos animais. Os bovinos de corte foram responsáveis por 81% das emissões, o gado leiteiro contribuiu

com 13% e as demais categorias animais com 6% do CH₄ proveniente da pecuária brasileira.

Para o desenvolvimento desse Inventário foi utilizada a metodologia proposta pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1997). Porém, essa metodologia tem como referência pesquisas elaboradas por especialistas de países onde as principais fontes de emissão de GEE são queimas de combustíveis fósseis. No caso brasileiro, onde as principais fontes de GEE são atribuídas às mudanças no uso da terra, agricultura e pecuária, esta metodologia não tem se mostrado satisfatória. Neste sentido, os fatores de emissão ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com cautela, uma vez que não enfocam as principais fontes de emissão de GEE do Brasil. Dessa maneira faz-se necessária a determinação de fatores de emissão específicos que traduzam a realidade das condições brasileiras possibilitando exatidão na quantificação das emissões de GEE.

Por meio da quantificação e do monitoramento das emissões de GEE em sistemas agropecuários é possível avaliar o impacto sobre o meio ambiente causado pelo uso inadequado dos solos e do manejo incorreto de animais. A partir dessa avaliação pode-se propor medidas de redução das emissões de GEE de modo a tornar sustentável a atividade pecuária de corte. A adoção de tais medidas na pecuária pode conferir ao Brasil credibilidade internacional na luta pela preservação ambiental e da Amazônia, tornando a carne brasileira mais valorizada e aceita em todos os mercados internacionais.

2.3.1 Produção de GEE em dejetos animais

A decomposição dos dejetos animais (fezes e urina) depositados em pastagem resulta em emissões de GEE, principalmente CH₄ e N₂O, podendo ocorrer também emissões de CO₂ em pequenas escalas (NOVAK E FIORELLI, 2010; CARTER, 2007; JICONG et al., 2006; LIMA et. al., 2006a). Porém, em sistemas bem manejados onde há incorporação e acúmulo de C no solo devido à decomposição de resíduos vegetais, a emissão de CO₂ é inferior ao fixado pela fotossíntese. Dessa maneira não há necessidade de quantificar os fluxos de CO₂ para atmosfera, mas sim a variação do

estoque de C no solo. Sendo assim, os estudos relacionados às emissões de GEE provenientes de dejetos animais não incluem determinações das emissões de CO₂.

2.3.1.1 Metano (CH₄)

Na pecuária, além da fermentação entérica, as fezes são responsáveis por emissões de CH₄ para atmosfera. O processo de decomposição das fezes animais em solos sob pastagem pode ser um processo anaeróbico e dessa forma os resíduos orgânicos são degradados a CO₂, CH₄ e pequenas quantidades de H₂, N₂ e H₂S (SOUSSANA et al., 2010; GONZÁLEZ-AVALOS E RUIZ-SUÁREZ, 2001). Este processo ocorre em duas etapas:

- a) Rápido crescimento de bactérias acidogênicas, ativas em temperatura entre 3 e 70°C, com o ótimo em 30°C. Nessa etapa há uma mistura intensiva do substrato com a bactéria produzindo ácidos orgânicos, H e CO₂ (MONTENY et al., 2006).
- b) Bactérias específicas (metanogênicas) produzem CH₄ a partir dos ácidos orgânicos (MONTENY et al., 2006).

Condições anaeróbicas são essenciais para a formação de CH₄. Essas condições são favorecidas quando os dejetos são estocados na forma líquida (em lagoas, charques ou tanques) (PEREIRA et al., 2010). Quando estocados anaerobicamente os dejetos podem produzir entre 7% e 27% das emissões totais de CH₄ relacionadas aos ruminantes (KREUZER E HINDRICHSEN, 2006).

Em dejetos sólidos depositados no pasto também podem ocorrer condições anaeróbicas e produção de CH₄. Nesse caso, a liberação do CH₄ produzido é extremamente dependente das condições climáticas. Em condições de clima com temperaturas altas os dejetos secam mais rapidamente promovendo a entrada de ar nos poros e conseqüentemente cessando a produção e liberação de CH₄ para atmosfera. Nestas condições verificou-se a diminuição na produção e emissão de CH₄ em dejetos sólidos após dois ou três dias, respectivamente no verão e inverno (HOLTER, 1997; WILLIAMS, 1993). Em estudos utilizando dejetos armazenados as emissões de CH₄ ocorreram por aproximadamente sete semanas, podendo chegar até

mesmo a 14 semanas (KULLING et al., 2002; KULLING et al., 2003; HINDRICHSEN et al., 2006). Estes resultados indicam que as condições climáticas, principalmente temperatura e umidade, tem grande interferência nos níveis de emissões de CH₄ e dessa forma, pode-se inferir que cada região pode ter um padrão de emissões específico.

Em condições de alta umidade, os dejetos permanecem úmidos favorecendo a condição anaeróbica e a produção do gás. A umidade nos dejetos é necessária para que ocorram emissões, pois, uma vez que os dejetos secam as emissões de CH₄ cessam e um posterior molhamento não ocasiona continuação dessas emissões (HOLTER, 1997).

Além das condições climáticas, a dieta alimentar também pode influenciar as emissões de CH₄ provenientes de dejetos sólidos. Diferentes proporções de grãos e forragens na alimentação animal resultam em padrões diferenciados de produção de CH₄. Regimes alimentares que combinam forragens e grãos (semi-intensivos) são responsáveis por menores níveis de emissões quando comparados com aqueles contendo somente grãos (intensivos) (GONZÁLEZ-AVALOS E RUIZ-SUÁREZ, 2001). Pesquisas foram realizadas com o objetivo de verificar a relação entre a dieta alimentar e as emissões de CH₄. Alguns resultados levaram a concluir que animais em confinamento recebendo altos teores de grãos (apenas 11% de forragem) são responsáveis por maiores níveis de emissão do que aqueles recebendo somente forragem. A dieta do confinamento pode aumentar em sete vezes as emissões de CH₄ por unidade de matéria orgânica do dejetos (LODMAN et al., 1993). Por outro lado, Jarvis et al. (1995) obtiveram resultados diferenciados para a relação entre emissões de CH₄ provenientes de dejetos animais e a dieta alimentar composta de concentrados. Porém, os autores relatam que nesse experimento alguns fatores importantes não foram controlados, o que justificaria o resultado discrepante. Assim, pode-se inferir que a composição da dieta alimentar do animal é um fator de grande influência sobre os níveis de emissão de CH₄ em fezes não sendo, porém, o único.

De acordo com González-Avalos e Ruiz-Suárez (2001), outro fator de interferência nas emissões de CH₄ é a temperatura dos dejetos animais, porém este é um fator secundário e sua influência nas emissões pode ser melhor verificada quando a

dieta alimentar é mantida homogênea. Em pesquisa realizada com dejetos provenientes de animais, variando-se as temperaturas de fermentação dos dejetos e as dietas alimentares dos animais os autores constataram a baixa correlação entre a temperatura e as emissões de CH_4 . De forma semelhante, Gupta et al. (2007) obtiveram baixa correlação entre as emissões de CH_4 e a temperatura dos dejetos sólidos em pastagens, sugerindo que eventuais correlações entre temperatura e emissões de CH_4 podem ser devido ao sistema de manejo animal e às condições ambientais.

As emissões de CH_4 para a atmosfera podem ainda ser provenientes da aplicação desses dejetos nos solos como fertilizantes. No Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE, desenvolvido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, o único tipo de esterco utilizado como fertilizante agrícola considerado refere-se ao sistema de manejo *daily spread*, pois esta não é uma prática muito empregada pelos pecuaristas e agricultores brasileiros. Os resultados revelam aumentos das emissões de 2 g ha^{-1} de C- CH_4 para 39 g ha^{-1} de C- CH_4 em solos com aplicação de dejetos de bovinos na forma líquida. Este aumento nas emissões foi associado ao surgimento de locais de anaerobiose no momento da aplicação dos dejetos (FLESSA E BEESE, 2000).

2.3.1.2 Óxido Nitroso (N_2O)

O aumento da adição de fertilizantes nitrogenados sintéticos aos solos agrícolas tem sido indicado como principal responsável pela crescente emissão de N_2O para a atmosfera. Outras fontes antrópicas desse gás incluem: o nitrogênio (N) proveniente de dejetos animais, a fixação biológica de N e a mineralização da matéria orgânica através do cultivo de solos orgânicos (IPCC, 1997).

Globalmente, as emissões de N_2O relacionadas à pecuária foram estimadas em aproximadamente 2 Tg N ano^{-1} . Embora, certa quantidade de N_2O possa ser produzida no rúmen dos animais por meio da redução do nitrato (NO_3^-) em amônia (NH_3) e amônio (NH_4^+), as condições anaeróbicas ali presentes indicam que a produção de N_2O é baixa (REAY et al., 2007). A maior parte do N ingerido pelos animais (aproximadamente 85%) é excretada nos dejetos, fazendo destes a principal fonte de emissão de N_2O na

pecuária (LIMA et al., 2006b). As emissões de N_2O em dejetos animais são originadas principalmente do armazenamento de dejetos animais, deposição de dejetos em pastagens e utilização dos dejetos como fertilizantes (aplicação em solos agrícolas) (de KLEIN E ECKARD, 2008; DESJARDINS E RIZNEK, 2000). Estas emissões podem ser classificadas em 30% provenientes dos sistemas de confinamento animal (armazenamento de dejetos) e 70% da urina depositada em pastagens (LIMA et al., 2006b).

Dentre os dejetos animais a urina é considerada a maior fonte de emissões de N_2O em pastagens, pois o N contido nas fezes é essencialmente orgânico e possui taxa de mineralização a NH_4^+ muito menor que a da urina. O principal componente da urina é a uréia que ao ser depositada no solo origina NH_4^+ e NO_3^- . O NH_4^+ é proveniente da hidrólise da uréia no solo e o NO_3^- é proveniente da nitrificação do NH_4^+ (OENEMA et al., 2005). As emissões de N_2O provenientes da urina animal podem ser afetadas por fatores como: disponibilidade de O_2 , temperatura e condições do solo onde a urina foi depositada.

Os processos bióticos do solo contribuem com aproximadamente 90% da produção global de N_2O . As emissões de N_2O dos solos ocorrem como consequência, sobretudo de processos microbiológicos a partir do N mineral, como denitrificação e nitrificação (JIN et al., 2010), apesar de esse gás não ser o principal produto final desses processos. As emissões provenientes da urina animal ocorrem somente sob condições que combinem os processos aeróbicos e anaeróbicos de nitrificação e denitrificação (LIMA al., 2006b) Esses dois processos ocorrem como descritos:

- a) Nitrificação: processo aeróbico que promove a oxidação de NH_4^+ em NO_3^- , tendo N_2O como subproduto (de KLEIN E ECKARD, 2008). A produção de N_2O por nitrificação é maximizada por condições de umidade no solo na faixa de 35-60% do espaço poroso preenchido por água (PPA) (COSTA et al., 2008).
- b) Denitrificação: processo anaeróbico que promove a redução do NO_3^- em N, tendo N_2O como intermediário obrigatório (de KLEIN E ECKARD, 2008). Nesse processo a produção de N_2O é favorecida por PPA superior a 70%, sendo considerado o processo predominante na emissão de N_2O dos solos (COSTA et al., 2008).

As taxas de nitrificação e denitrificação são afetadas por diversas características dos solos e fatores climáticos. Existe uma relação positiva, por exemplo, entre altos níveis de NO_3^- e baixa aeração do solo (solos úmidos ou compactados) com altos níveis de emissões de N_2O (de KLEIN E ECKARD, 2008). A aeração do solo é afetada pelo teor de umidade, que varia em função das entradas de água, drenagem e textura (de KLEIN et al., 2003). A aeração dos solos sob pastagem também pode ser comprometida pela compactação oferecida pelo pisoteio dos animais, principalmente em condições de umidade, favorecendo também as emissões de N_2O (DREWRY et al., 2004). Solos pouco drenados geralmente promovem maiores emissões de N_2O , mas eventos climáticos como chuvas podem causar emissões temporárias de N_2O mesmo em solos com boa drenagem (MONTENY et al., 2006).

Outra importante fonte de emissões de N_2O é a utilização dos dejetos animais (fezes e urina misturadas) como fertilizantes, como ocorre na produção de gado leiteiro e suínos. A aplicação de dejetos como fertilizantes nos solos pode estimular tanto a nitrificação quanto a denitrificação (GIACOMINI E AITA, 2006). Devem ser consideradas ainda as emissões indiretas de N_2O , que ocorrem por duas fontes principais: deposição atmosférica de NH_3 e óxidos de nitrogênio (NO_x) e lixiviação e escoamento superficial. Parte do nitrogênio aplicado ao solo ou excretado pelos animais é volatilizada na forma de NH_3 e NO_x e retorna ao solo pela deposição atmosférica, ficando novamente passível de emissão na forma de N_2O (LIMA et al., 2006b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos para quantificação dos principais GEE (CO_2 , CH_4 e N_2O) provenientes dos dejetos de bovinos (fezes e urina) em solos sob pastagens. O primeiro experimento, realizado em Piracicaba, SP, foi considerado experimento teste, pois foi utilizado para definição de parâmetros de metodologia referentes à coleta de dejetos e gases, armazenamento e análise dos gases. O segundo experimento foi realizado em Ariquemes, RO e conduzido com base nos parâmetros definidos no experimento teste.

Foram utilizadas câmaras estáticas fixadas no solo para coleta dos gases. Esta metodologia é utilizada pelo Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP). As câmaras utilizadas nos dois experimentos são constituídas por uma base de metal parcialmente enterrada no solo (aproximadamente 3 cm de profundidade) e por uma tampa de PVC com abertura para acoplamento da seringa e coleta dos gases. A vedação da câmara foi feita com um anel entre a base e a tampa contendo água, conforme a Figura 1. As câmaras possuem volume de aproximadamente 78 cm^3 .



Figura 1 – Bases das câmaras utilizada para coleta dos gases provenientes dos dejetos de bovinos. Piracicaba, SP. 2009

3.1 Experimento teste

O objetivo deste experimento teste foi elucidar os principais aspectos de coleta e quantificação dos gases, tais como disposição das câmaras na área, alocação das câmaras no solo, quantidade de dejetos coletados, coleta dos dejetos animais, deposição dos dejetos dentro das câmaras, armazenamento dos gases coletados e quantificação dos gases por cromatografia gasosa (calibração do cromatógrafo).

3.1.1 Descrição do local de estudo

Em área do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba, SP, foi definido um piquete de *Pennisetum purpureum*, de aproximadamente 300 m². Esta área é destinada ao manejo de vacas da raça Holandesa para a produção de leite. A área recebe fertilização nitrogenada e calagem anualmente. A caracterização do solo da área e o levantamento do histórico de aplicação de fertilizantes e calagem não foram realizados, pois o objetivo do experimento resumiu-se a definições metodológicas de coleta dos dejetos e análise dos gases.

3.1.2 Implantação e condução do experimento

O experimento foi conduzido no período de 29/06/2009 a 07/07/2009. As bases das câmaras foram fixadas no solo da área um dia antes da coleta dos dejetos para que a emissão de CO₂ proveniente da perturbação do solo não interferisse na quantificação das emissões de GEE provenientes dos dejetos animais.

A área foi dividida em três subáreas (de aproximadamente 100 m²) de maneira que cada uma recebesse câmaras com o mesmo tipo de dejetos. As câmaras foram alocadas, distantes em três metros aproximadamente entre si. Este procedimento foi realizado para facilitar o transporte das amostras de dejetos na área e a coleta dos GEE. Dentro de cada subárea as câmaras foram posicionadas aleatoriamente e distribuídas por toda a extensão do piquete (Figura 2). O número de repetições foi de cinco câmaras por dejetos (fezes e urina) e cinco câmaras sem deposição de dejetos

(controle) para que as emissões naturais do solo fossem contabilizadas e descontadas das emissões provenientes dos dejetos depositados no solo.

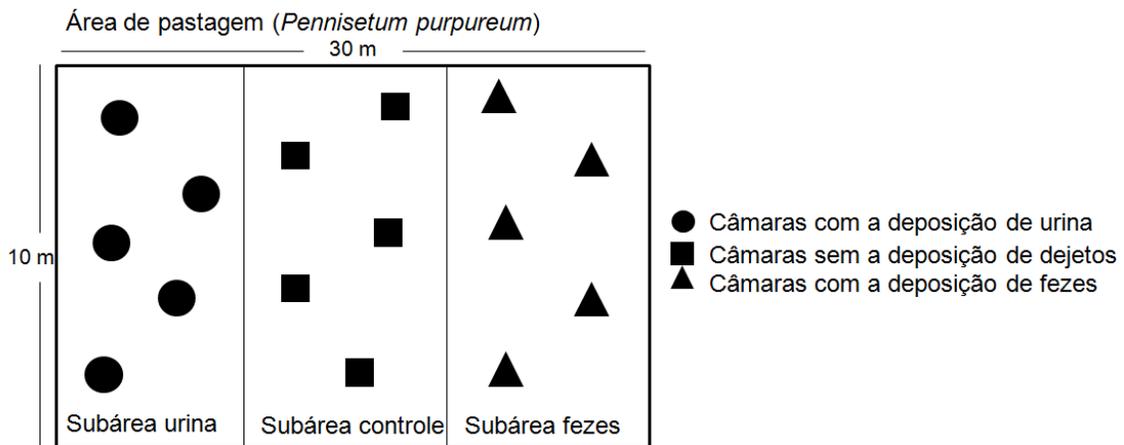


Figura 2 - Posicionamento das câmaras para coleta de gases na área de estudo. Piracicaba, SP. 2009

A urina foi coletada em baldes antes de ser depositada no solo, durante a manhã enquanto as vacas eram dirigidas à ordenha. As fezes foram coletadas do chão logo após serem excretadas, também no momento da ordenha. Por ser um experimento teste, a quantidade de dejetos aplicados nas câmaras foi definida aleatoriamente para que o perfil das emissões pudesse ser conhecido e assim definir uma quantidade mais precisa para ser depositada no experimento que seria realizado posteriormente em Rondônia. Dessa forma, foram depositadas 250 g de fezes e 370 mL de urina nas bases fixadas no solo (câmaras), logo após serem coletadas.

A amostragem dos gases foi feita diariamente no período da manhã durante nove dias (26/06/2009 a 04/07/2009), sempre no mesmo horário, em torno das 9 horas. O primeiro dia de coleta dos gases foi o mesmo dia em que os dejetos foram depositados nas câmaras, admitindo ser o momento de maior emissão de GEE. As bases permaneceram abertas durante todo o período do experimento, sendo fechadas somente durante as coletas dos gases. As amostras de gases foram coletadas logo após o fechamento das bases e depois de 5, 10 e 20 minutos. A vedação da tampa para evitar fluxo de ar externo à câmara para seu interior foi feita em anel contendo água. As amostras de gases foram coletadas com seringas de 20 mL do tipo BD de

nylon, tomando-se o cuidado de utilizar seringas previamente testadas para evitar a contaminação das amostras.

As amostras de GEE coletadas no campo foram analisadas por cromatografia gasosa para determinação das concentrações de CH₄ e N₂O. A análise foi feita no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP em Piracicaba, SP, utilizando o equipamento Shimadzu GC-2014.

Durante a coleta foram avaliadas as temperaturas do ar ambiente dentro da câmara, bem como a pressão barométrica do local de coleta, pelo fato destas informações serem imprescindíveis para os cálculos do fluxo de GEE.

3.2 Experimento realizado na Agropecuária Nova Vida

O experimento de quantificação das emissões de GEE provenientes dos dejetos de bovinos depositados em solo sob pastagem foi realizado na Agropecuária Nova Vida localizada no município de Ariquemes, RO. Os parâmetros definidos no experimento teste (implantação das câmaras na área, vedação das câmaras, número de repetições, método de coleta de dejetos, horário de coleta dos gases, método de coleta dos gases e período de coleta dos gases) foram utilizados para definição da metodologia neste experimento.

3.2.1 Descrição do local de estudo

O experimento foi conduzido no período de 28 de novembro a 7 de dezembro de 2009 na Agropecuária Nova Vida (NVD) (62° 49'27"W e 10°10'05"S), propriedade privada de aproximadamente 27.000 ha, localizada no município de Ariquemes, aproximadamente 250 km ao sul da cidade de Porto Velho, RO.

O solo predominante na propriedade é classificado como Argissolo (CERRI et al., 2004). Estudos em cronossequência previamente realizados na área (MORAES et al., 1995, 1996; NEILL et al., 1997) determinaram o estoque, o ganho total e a taxa média de acúmulo de carbono nos solos sob pastagem na NVD (Tabela 1).

Tabela 1 – Estoques de carbono na camada 0-50 cm dos solos da Agropecuária Nova Vida. Ariquemes, RO

Uso da terra	Estoque de C	Taxa média de acúmulo
	Mg ha ⁻²	Mg ha ⁻² ano ⁻¹
Cronossequência 1		
Floresta	43,3	
Pastagem		
3 anos	46,1	0,93
5 anos	58,5	3,04
9 anos	52,6	1,34
13 anos	46,4	0,82
20 anos	52,8	0,61
41 anos	65,6	0,55
81 anos	61,2	0,22
Cronossequência 2		
Floresta	36,9	
Pastagem		
3 anos	54,4	5,83
5 anos	47,5	2,12
20 anos	48,2	0,56

FONTE: NEILL, et al., 1997.

A temperatura anual média é 25,5°C. A vegetação natural predominante na NVD é classificada como floresta tropical úmida aberta (MORAES et al., 1995). O estabelecimento das pastagens foi realizado através do sistema corte-queima (após as primeiras chuvas de setembro/outubro) e semeadura (dezembro/janeiro), em todas as áreas. O controle das plantas daninhas é realizado com queimadas dos pastos a cada 4 a 10 anos (NEILL et al., 1997). Segundo dados fornecidos pela propriedade, atualmente a NVD possui 17.000 cabeças de machos adultos, manejados em 14.000 ha de pastagens (taxa de lotação 1,2 UA ha⁻¹, aproximadamente).

Habitualmente, a precipitação pluvial anual média da região é de 2.200 mm (BASTOS E DINIZ, 1982) com um período de seca bem definido entre os meses de junho e setembro. Apesar do período de seca ser normalmente bem definido o ano de 2009 pode ser considerado atípico, com precipitação pluvial anual ao longo do ano, inclusive nos meses normalmente de seca (junho a setembro). A precipitação pluvial nesses meses de seca em 2009 esteve bem acima da média histórica dos 15 anos

anteriores (Figura 3). Como se verifica, não ocorreram chuvas no mês de julho, porém nos meses de junho, agosto e setembro as precipitações pluviométricas foram 56, 97 e 62 mm respectivamente, podendo considerar, assim, que em 2009 não houve período de seca. Os dados de precipitação pluviométrica apresentados foram obtidos em pluviômetro localizado na sede da NVD.

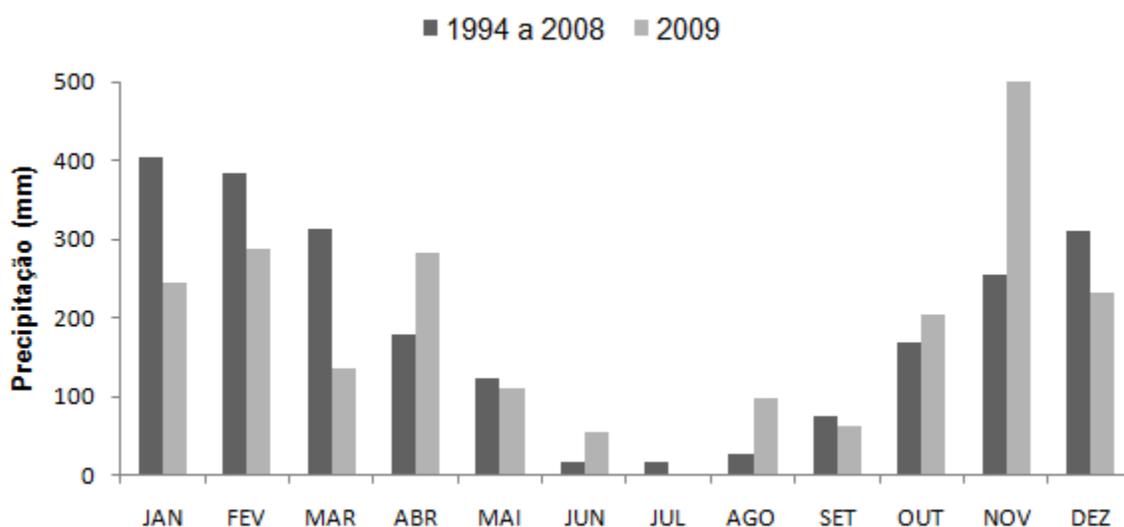


Figura 3 - Precipitação pluviométrica registrada na Agropecuária Nova Vida (Ariquemes, RO) no ano de 2009 e média histórica do período de 1994 a 2008 (valores de dezembro de 2009 até o dia 10/12)

Devido à mudança no regime de chuvas ocorrido em 2009 não foi possível realizar a amostragem dos gases na estação seca. Para simular esta estação uma cobertura foi construída para proteger as câmaras das chuvas conforme descrito no item 3.2.2.

A NVD produz bovinos de corte, realizando todas as etapas de produção: cria, recria e engorda. Os animais são em grande maioria da raça Nelore, com exceção das vacas doadoras e receptoras de embriões que são predominantemente da raça Senepol. O sistema de produção adotado desde o início das atividades da fazenda é o sistema de engorda a pasto; os animais alimentam-se de forragens recebendo como suplementação somente sal mineral. Entretanto, nos últimos anos o sistema de engorda foi substituído pelo semi-confinamento.

Atualmente a NVD mantém um confinamento em parceria com a Agropecuária Simionatto localizada no município de Comodoro, MT. O confinamento tem capacidade máxima para abrigar 21.000 cabeças. Parte dos animais do confinamento são mantidos nas pastagens da NVD (em Rondônia) até atingirem cerca de 370 kg de peso vivo (12@) quando são transferidos para o Mato Grosso. A outra parte dos animais é adquirida de fazendas próximas ao confinamento. Os animais permanecem confinados até atingirem o peso de abate aproximadamente 500 kg de peso vivo (18@). A engorda ocorre em aproximadamente 120 dias. A dieta fornecida aos animais está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Dieta fornecida aos animais no confinamento da Agropecuária Nova Vida, Comodoro, MT. 2009

Produto	% na dieta
Milho	40
Caroço de algodão	9
Torta de algodão núcleo	7
núcleo	4
Silagem de milho	40

3.2.2 Descrição da área experimental

O experimento foi instalado em uma área de 600 m² com relevo plano e uniforme e cobertura de *Brachiaria brizanta* localizada na sede da NVD. Os pastos da propriedade são formados principalmente de *Brachiaria brizantha*, segundo informações obtidas pela gerência da fazenda, somente uma pequena parcela dos pastos é formada por outras variedades. Os animais que pastejam a área são normalmente fêmeas da raça Senepol destinadas à produção de bezerros. Os animais foram retirados para a condução do experimento.

A área foi mantida com pastagem desde o início das atividades da propriedade. Antes da implantação do pasto o solo foi preparado com calagem e fertilização nitrogenada, porém estas práticas não foram realizadas novamente até o momento da condução do experimento.

Como o experimento foi conduzido no período chuvoso, durante os meses de novembro e dezembro de 2009, uma cobertura com lona plástica de foi instalada na

área na tentativa de simular a estação seca (Figura 4). A cobertura ficou sobre uma área de 30 m².



Figura 4 – Cobertura com lona plástica construída na área do experimento para simular o período seco. Agropecuária Nova Vida. Ariquemes, RO. 2009

3.2.3 Gases de efeito estufa provenientes dos dejetos animais

As emissões de GEE provenientes de dejetos animais foram avaliadas em condições de clima chuvoso e seco (simulado). Ainda, foram comparadas as emissões de GEE provenientes de dejetos animais mantidos em sistemas de produção a pasto e semi-confinamento. No sistema a pasto os animais são alimentados somente com pastagens e sal mineral e no sistema de semi-confinamento os animais passam parte da vida em pastos e parte confinados alimentados com rações. Como testemunha foram quantificadas as emissões dos solos sem a deposição de fezes e urina. Os tratamentos foram: fezes e urina dos animais a pasto nas áreas com e sem cobertura; fezes e urina misturadas provenientes dos animais em semi-confinamento na área com cobertura; solos sem deposição de dejetos nas áreas com e sem cobertura (testemunha). As siglas referentes à cada tratamento e sua descrição estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Identificação dos tratamentos, localização, tipo de alimentação fornecida aos animais e gases analisados em cada tratamento. Ariquemes, RO. 2009

Identificação	Dejeto	Área	Alimentação animal	Gases analisados
FCC	Fezes	Com Cobertura	Pasto	CH ₄
UCC	Urina	Com Cobertura	Pasto	N ₂ O
TCC	Sem dejetos	Com Cobertura	-----	CH ₄ e N ₂ O
CON	Fezes + Urina	Com Cobertura	Pasto e ração (Semi-Confinamento)	CH ₄
FSC	Fezes	Sem Cobertura	Pasto	CH ₄
USC	Urina	Sem Cobertura	Pasto	N ₂ O
TSC	Sem dejetos	Sem Cobertura	-----	CH ₄ e N ₂ O

FCC: Fezes com cobertura; UCC: Urina com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura CON: Fezes e urina do confinamento; FSC: Fezes sem cobertura; USC: Urina sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura.

Os dejetos provenientes dos animais em confinamento foram coletados na unidade de Comodoro, MT e transportados sob refrigeração para a sede da fazenda em Ariquemes, RO. A urina foi coletada nos currais com ajuda de coletores e as fezes foram coletadas nos piquetes, logo após serem excretadas pelos animais. O rebanho provedor dos dejetos é formado de machos de diferentes raças e cruzamentos como Nelore, "Tucura", Anelorado, Angus, entre outras. Os dejetos dos animais provenientes do sistema a pasto foram coletados na NVD. As fezes foram coletadas de fêmeas Nelore ou Senepol diretamente do trato digestivo, ou assim que depositadas no solo. A urina foi coletadas de fêmeas das raças ou cruzamentos Nelore, Anelorado, Gir ou Holandesa mantidas para produção de leite destinado ao consumo da propriedade. A coleta de urina ocorreu durante a ordenha. Durante o período da coleta os dejetos foram armazenados em geladeira a 4°C.

Amostras de fezes e urina dos dois sistemas de produção bem como amostras da cobertura vegetal da pastagem e ração foram enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal do CENA/USP para análise bromatológica. Na urina foram determinados o pH e o teor de nitrogênio (N g kg⁻¹). Nas fezes, pasto e ração foram determinadas a matéria seca (g kg⁻¹ de matéria verde), matéria orgânica, proteína bruta e teores de celulose, hemicelulose e lignina (g kg⁻¹ de matéria seca). O teor de carbono (C g kg⁻¹) também foi determinado nas fezes, cobertura vegetal e ração. Estas análises foram realizadas

por combustão, utilizando o equipamento LECO CN 2000 no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP.

A quantidade de dejetos a ser aplicada dentro das bases foi definida com base na quantidade média de fezes e urina produzida por animal por evento de excreção. Esta quantidade média foi definida com base nos valores de referência determinados no trabalho de Matthews e Sollenberger (1996), que está de acordo com os valores propostos em outros trabalhos (AUERSWALD et al., 2009; RODRIGUES et al., 2008; KOZLOSKI et al., 2006; BRAZ et al., 2002; WHITE et al., 2001; MINER et al., 1995; DAY et al., 1990). Tem-se as seguintes especificações definidas: os bovinos liberam cerca de 0,5 a 1% de matéria seca do seu peso vivo por dia em forma de fezes. Um bovino adulto urina, em média de 8 a 12 vezes e defeca 11 a 16 vezes por dia. Cada evento produz 1,6 a 2,2 L de urina e 1,5 a 2,7 Kg de fezes. Dessa forma, foram aplicados 1,5 kg de fezes e 1,5 mL de urina em cada base. Para os dejetos provenientes do confinamento a mesma quantidade foi depositada porém como no confinamento os animais encontram-se em áreas reduzidas, considerou-se a ocorrência de mistura de fezes e urina na área. Para simular esta situação as fezes e urina foram misturadas na proporção 1:1 (750 mL de urina e 750 g de fezes).

Em ambas as áreas experimentais, com e sem cobertura plástica o número de repetições foi de quatro câmaras e a distribuição dos dejetos dentro das bases se deu aleatoriamente (Figura 5). Na área sem cobertura foram instaladas no solo 12 bases sendo: quatro bases para deposição de urina, quatro bases para deposição de fezes e quatro bases sem a deposição de dejetos (Figura 6). Na área com cobertura plástica 16 bases foram fixadas de maneira semelhante à área sem cobertura, porém com adição de quatro bases para deposição de dejetos provenientes do sistema de confinamento (fezes e urina misturadas) (Figura 7). As câmaras foram distribuídas mantendo-se a distância de 50 cm entre si.

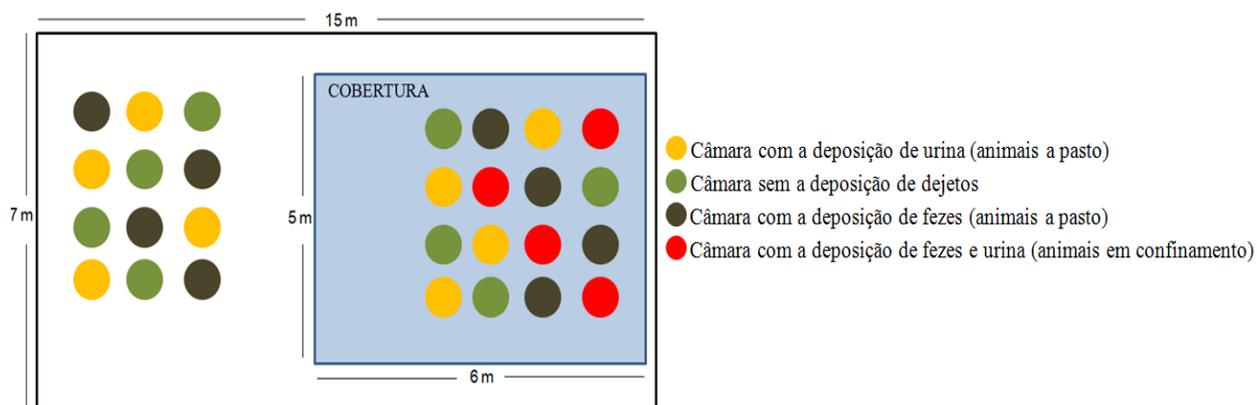


Figura 5 - Esquema de distribuição aleatória dos dejetos nas câmaras em áreas com e sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

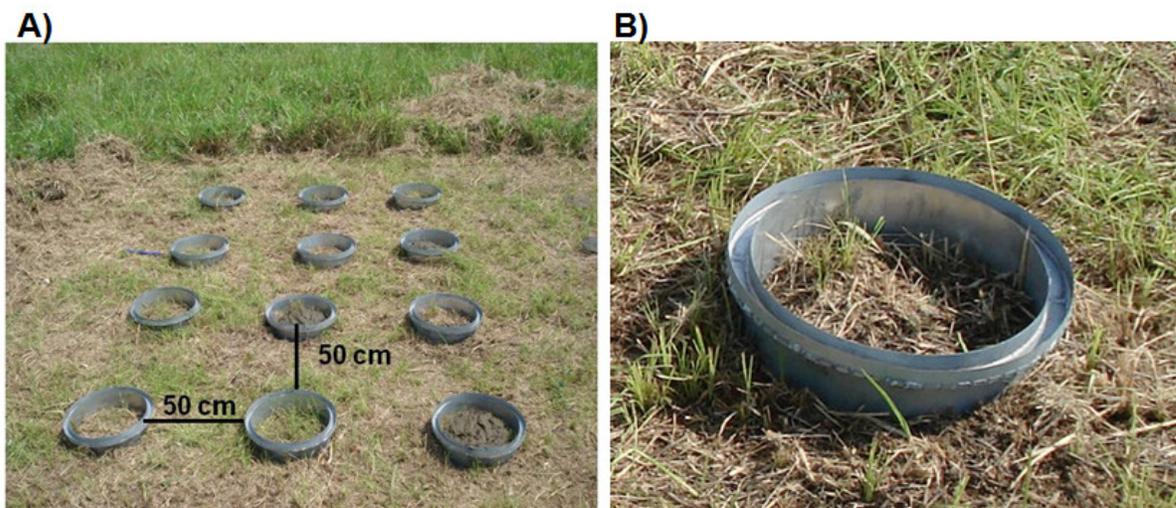


Figura 6 – Bases das câmaras (A) com e sem dejetos de bovinos e (B) detalhe da câmara sem dejetos na área sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

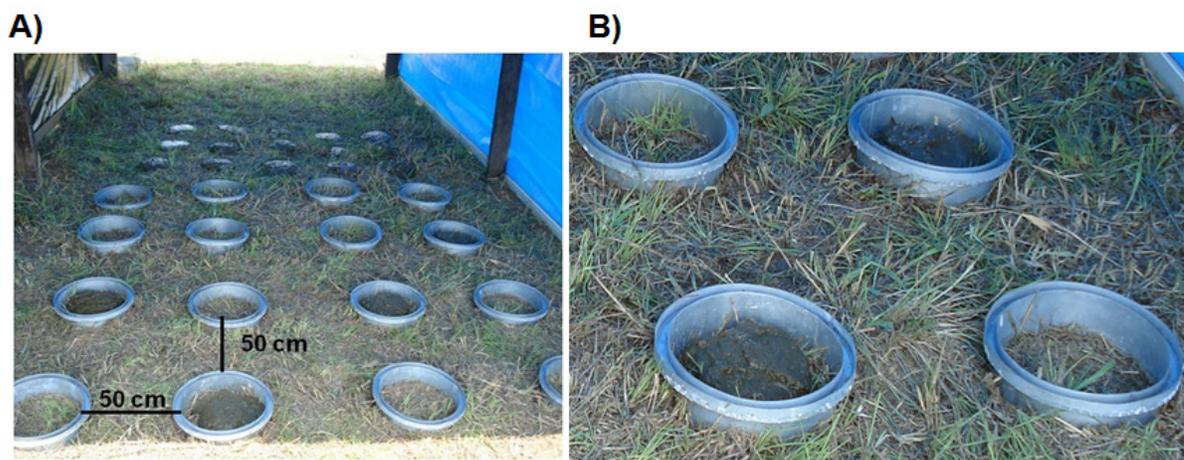


Figura 7 – Bases das câmaras (A) com e sem dejetos de bovinos e (B) detalhe das câmaras na área com cobertura. Ariquemes, RO. 2009

Os dejetos foram depositados nas câmaras e logo em seguida foi realizada a primeira coleta dos gases. A coleta dos gases foi repetida diariamente, durante 10 dias, sempre no mesmo horário, em torno das 9 horas da manhã. Para coleta dos gases foram utilizadas seringas de 20 mL do tipo BD de *nylon* (Figura 8). O armazenamento das amostras de GEE foi feito em vidros com vácuo, hermeticamente fechados até serem transportadas para o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, em Piracicaba, SP, onde foram analisadas por cromatografia gasosa no equipamento Shimadzu GC 2014.



Figura 8 - Coleta das amostras de gases realizada com seringas. Ariquemes, RO. 2009

A temperatura ambiente dentro das câmaras foi verificada diariamente no momento da coleta dos gases. Da mesma maneira foram verificadas a pressão barométrica e a precipitação pluvial diária. Os dados pluviométricos foram gerados com pluviômetro localizado no escritório da sede da NVD, ao lado da área experimental.

Como a coleta dos gases foi realizada diariamente, o fator de emissão dos GEE provenientes dos dejetos foi considerado como sendo a emissão acumulada no período. O fluxo acumulado no período foi determinado segundo a Equação 1.

$$\text{Fluxo acumulado} = (\text{Dia 1} + \text{Último dia})/2 + \Sigma \text{ Dias}$$

Equação (1)

Onde:

Fluxo acumulado = Fluxo total no período de coleta

Dia 1 = Emissão no primeiro dia de coleta

Último dia = Emissão no último dia de coleta

 Σ Dias = somatória das emissões nos demais dias de coleta (entre o primeiro e último dia)

Durante a análise das amostras o cromatógrafo Shimadzu GC 2014 apresentou problemas técnicos. Uma vez que o reparo deste equipamento é demorado e não é recomendável o armazenamento de amostras de gás por um longo período, parte das análises foram concluídas em equipamento semelhante (Shimadzu 14A) no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP. Os padrões utilizados e a curva de calibração dos dois equipamentos foram semelhantes e conseqüentemente os resultados gerados puderam ser comparados e analisados estatisticamente.

3.2.4 Cálculo das emissões totais de gases de efeito estufa

As estimativas de emissões de cada gás foram calculadas por meio do produto entre a unidade referente da fonte de emissão e o fator de emissão determinado. A seguir são apresentadas as equações para a obtenção das estimativas de emissões dos GEE em cada fonte de emissão. O fluxo foi calculado para o ano de 2009.

Para determinação das emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis (óleo diesel e gasolina) foi utilizado o fator de emissão determinado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE/EIA, 2006) (Equação 2).

$$\text{Emissões CO}_2 = \text{Combustível} * \text{FE}$$

Equação (2)

Onde:

Emissões CO₂ = estimativa das emissões, em kg C-CO₂ L combustível⁻¹

Combustível = litros de combustível (óleo diesel ou gasolina) consumidos na propriedade

FE = fator de emissão da queima de combustíveis fósseis, em kg C-CO₂ L combustível⁻¹

Para a quantificação das emissões de CH₄ proveniente da deposição de fezes, foi utilizada a Equação 3 e o fator de emissão determinado nessa pesquisa.

$$\text{Emissões CH}_4 = \text{N}^\circ \text{ animais} * \text{FE}$$

Equação (3)

Onde:

Emissões de CH₄ = estimativa das emissões, em kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹

Nº animais = número de animais da propriedade

FE = Fator de emissão da fermentação entérica, em kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹

Para as emissões de CH₄ proveniente da fermentação entérica dos animais em pastagem foi utilizada a mesma fórmula anterior, substituindo o fator de emissão, o qual foi determinado por Lima et al. (2006a).

Para a quantificação das emissões de N₂O proveniente da deposição de urina no solo, foi utilizada a Equação 4 e o fator de emissão determinado nessa pesquisa.

$$\text{Emissões N}_2\text{O} = \text{N}^\circ \text{ animais} * \text{FE}$$

Equação (4)

Onde:

Emissões de N₂O = estimativa das emissões, em kg N-N₂O kg N⁻¹ ano⁻¹

Nº animais = número de animais da propriedade

FE = fator de emissão da deposição de dejetos em solos sob pastagem, em kg N-N₂O kg N⁻¹ ano⁻¹

Para estimar o fluxo total de GEE os valores de fluxo dos gases obtidos nas equações anteriores foram convertidos para C-equivalente (Ceq) de acordo com as Equações 5, 6 e 7 a seguir:

$$\text{Ceq (CO}_2\text{)} = \text{CO}_2 * (12/44)$$

Equação (5)

Onde:

CO₂ = fluxo de CO₂

(12/44) = relação entre o peso molecular do carbono e do CO₂

$$\text{Ceq (CH}_4\text{)} = \text{CH}_4 * (16/12) * (12/44) * 23 \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

CH_4 = fluxo de CH_4

(16/12) = relação entre o peso molecular do CH_4 e do carbono

(12/44) = relação entre o peso molecular do carbono e do CO_2

23 = potencial de aquecimento global do CH_4 em relação ao CO_2

$$\text{Ceq (N}_2\text{O)} = \text{N}_2\text{O} * (44/28) * (12/44) * 296 \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

N_2O = fluxo de N_2O

(44/28) = relação entre o peso molecular do N_2O e do nitrogênio

(12/44) = relação entre o peso molecular do carbono e do CO_2

296 = potencial de aquecimento global do N_2O em relação ao CO_2

Além desses resultados, foi considerado o C estocado no solo sob pastagem, ou seja, a variação de C no solo sob pastagem no ano de 2009 (ΔC solo). Em sistemas bem manejados onde há acúmulo de C no solo, incorporado na decomposição dos resíduos vegetais, a emissão de CO_2 é inferior ao fixado pela fotossíntese e dessa maneira não há necessidade de quantificar os fluxos de CO_2 para atmosfera, mas sim a variação do estoque de C no solo. Estes valores foram estimados em por Neill et al. (1997) realizadas na área de estudo e foram utilizados neste trabalho para determinação do fluxo total de GEE provenientes da produção pecuária na NVD (Equação 8).

Para obter a estimativa total do fluxo de GEE na atividade pecuária realizada na propriedade foram considerados o número total de animais e a quantidade de combustíveis fósseis consumidos. Esses dados foram levantados tomando-se como base o ano de 2009. O cálculo foi realizado para os dois sistemas de produção animal considerados nesta pesquisa: extensivo a pasto e semi-confinamento.

$$\text{Emissões Líquidas GEE} = \left(\text{Ceq}_{\text{combustível}} + \text{Ceq}_{\text{ferm. entérica}} + \text{Ceq}_{\text{fezes}} + \text{Ceq}_{\text{urina}} \right) - \left(\frac{\Delta C}{\text{solo}} \right)$$

Equação (8)

Onde:

Fluxo total de GEE = GEE na atividade pecuária, em ou $\text{Ceq animal}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

$\text{Ceq}_{\text{combustível}}$ = estimativa das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis

$\text{Ceq}_{\text{ferm. entérica}}$ = estimativa das emissões provenientes da fermentação entérica dos animais

$\text{Ceq}_{\text{fezes}}$ = estimativa das emissões provenientes das fezes animais depositadas no solo

$\text{Ceq}_{\text{urina}}$ = estimativa das emissões da urina animal depositada no solo

ΔC_{solo} = Estimativa do C fixado no solo no ano de 2009

3.2.5 Umidade e teor de carbono nas fezes

Paralelamente foi conduzido um experimento para determinação dos teores de C e umidade nas fezes durante o período de coleta de gases para que as emissões pudessem ser relacionadas a estes fatores.

As mesmas quantidades de fezes e fezes com urina utilizadas nas câmaras foram dispostas no pasto nas áreas com e sem cobertura, em três repetições. Amostras de fezes foram coletadas com espátula nos bolos fecais, no primeiro dia de deposição das fezes, 3, 6 e 10 dias após a deposição das fezes no pasto (Figura 9). As amostras de fezes misturadas com urina provenientes do confinamento foram depositadas na área com cobertura e coletadas da mesma forma.



Figura 9 - Fezes depositadas nos solos para determinação do teor de carbono e umidade. Ariquemes, RO. 2009

Para determinação da umidade as amostras foram pesadas e secas a 105°C em estufa até peso constante. As fezes coletadas para determinação dos teores de C foram secas ao ar e transportadas ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental no CENA/USP onde foram analisadas por combustão no equipamento LECO CR 142.

3.2.6 Umidade e teor de nitrogênio no solo

Amostras de urina foram depositadas no solo, em três repetições em cada área (com e sem cobertura). Nos locais de deposição da urina foram abertas mini-trincheiras para coleta dos solos nas profundidades 0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm (Figura 10). As amostras de solo foram coletadas 24 horas, 3, 6 e 10 dias após a deposição da urina no solo.



Figura 10 - Estacas para demarcação dos locais de deposição de urina no solo e mini-trincheiras para coleta de amostras em profundidade para análise do teor de nitrogênio e umidade. Ariquemes, RO. 2009

Uma parcela dos solos coletados foi pesada e seca em estufa a 105°C até peso constante para determinação da umidade do solo. Outra parcela foi seca ao ar e levada ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental no CENA/USP, onde foram peneiradas a 2 mm e analisadas por combustão no equipamento LECO CN 2000 para determinação dos teores de N.

3.2.7 Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa SAS versão 9.2 (SAS Institute, 1987). Para verificar a interação da produção de CH₄ com fatores ambientais e intrínsecos às fezes foi realizada análise de regressão multivariada. As variáveis explicativas consideradas foram: temperatura ambiente (°C), precipitação pluvial (mm), temperatura (°C) e umidade das fezes (gramas de água por quilograma de matéria úmida; g kg⁻¹) e teor de carbono nas fezes (grama de carbono por quilograma de fezes; g kg⁻¹). Considerando como variável resposta o fluxo de CH₄ emitido (mg C-CH₄ m⁻²). A umidade, teor de C e temperatura das fezes ao longo do período foram comparadas em cada tratamento pelo teste de Tukey.

Para verificar a interação da produção de N₂O com fatores ambientais também foi realizada análise de regressão multivariada. As variáveis explicativas consideradas foram: umidade (gramas de água por quilograma de solo; g kg⁻¹) e teor de N (gramas de N por quilograma de solo; g kg⁻¹) no solo em diferentes profundidades (0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm), temperatura ambiente e precipitação pluvial. A variável resposta considerada foi o N₂O emitido (µg N-N₂O m⁻²). Todas as análises foram realizadas com intervalo de 95% de confiança (α= 0,05).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento teste

Os resultados obtidos no experimento teste foram aproveitados somente para o conhecimento do perfil das emissões de GEE provenientes da deposição de dejetos animais em pastagens. Dessa forma, esses dados não foram submetidos a análise estatística detalhada.

4.1.1 Fluxo de CH₄ em solo com deposição de fezes

O perfil das emissões de CH₄ provenientes das fezes dos bovinos leiteiros esteve de acordo com o esperado, apresentando altos níveis de emissões no primeiro dia de coleta e diminuindo ao longo do período até a estabilização (Figura 11). Verifica-se um leve aumento das emissões no sétimo dia, provavelmente devido a ocorrência de chuva neste dia (Figura 12).

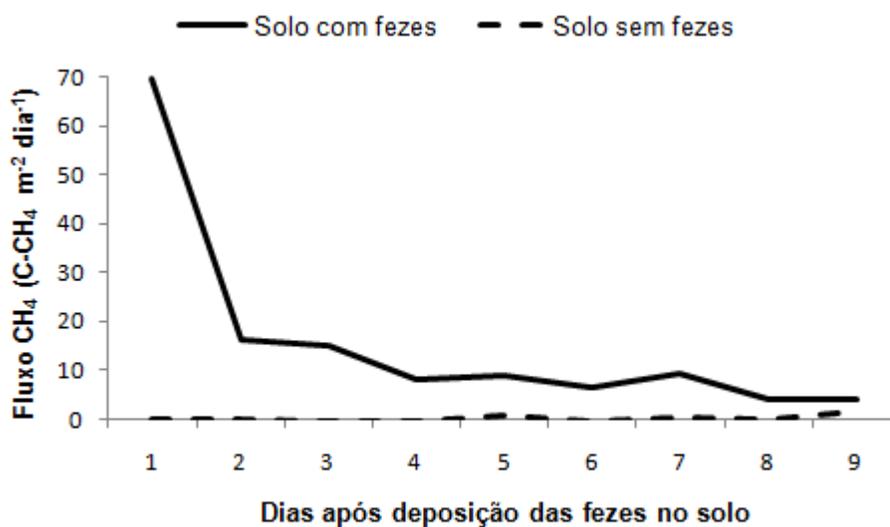


Figura 11 – Emissões de metano provenientes de fezes depositadas em solos sob pastagem. Piracicaba, SP. 2009

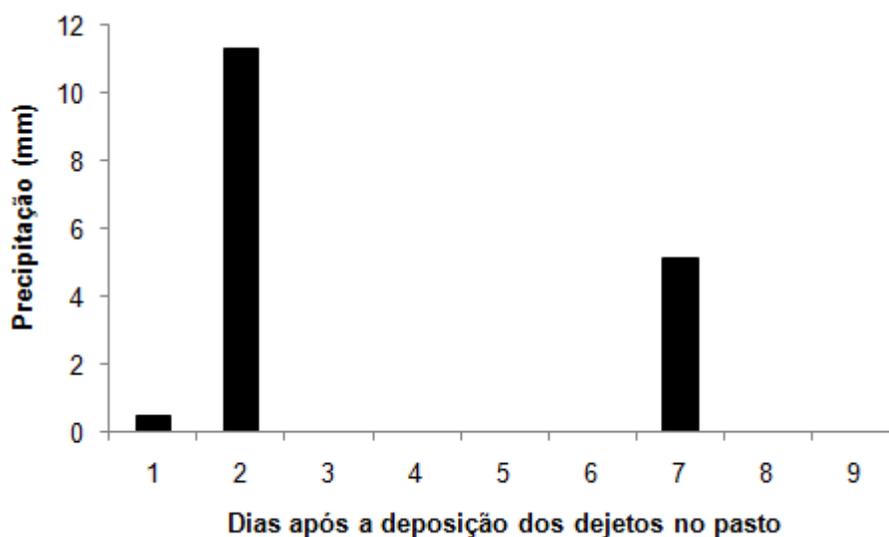


Figura 12 – Precipitação pluvial durante os 10 dias de coleta dos gases, 26/06/2009 a 04/07/2009. Piracicaba, SP.

Apesar do pequeno aumento nas emissões ocorrido no sétimo dia, verificou-se que as emissões tendem a estabilizar depois do quarto dia após a deposição das fezes no pasto. Pode-se assegurar que 10 dias de coleta é um período adequado para quantificar as emissões de CH_4 provenientes das fezes de bovinos.

A quantidade de fezes colocada nas câmaras foi pequena (250 g) e é menor que a quantidade encontrada na literatura para cada evento de defecação, mesmo assim os níveis de metano foram altos. A calibração do cromatógrafo foi ajustada (utilização de padrões adequados) para realização das análises. Entretanto, 250 g está abaixo da O fluxo total acumulado foi calculado utilizando a Equação 1. O fluxo líquido foi obtido deduzindo as emissões acumuladas encontradas no solo sem deposição de fezes das emissões do solo com deposição de fezes (Tabela 4).

Tabela 4 – Fluxo de metano acumulado total e líquido para solo com e sem deposição de fezes. Piracicaba, SP. 2009

Tratamentos	Fluxo de CH_4	
	Total	Líquido
	-----mg C- CH_4 m ⁻² -----	
Solo com fezes	104,8	104,6
Solo sem fezes	0,2	

4.1.2 Fluxo de N₂O em solo com deposição de urina

O perfil das emissões de N₂O provenientes da urina foi similar ao perfil da emissões de CH₄ provenientes das fezes, apresentando um pico de emissão no primeiro dia seguido de queda ao longo do período (Figura 13). Nota-se aumento nas emissões no terceiro dia após a instalação do experimento, coincidindo com a ocorrência de chuva no dia anterior (Figura 12).

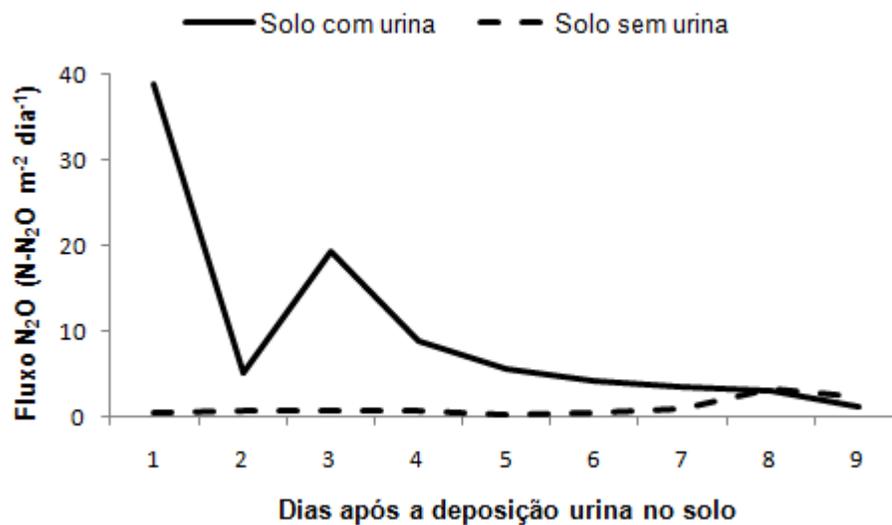


Figura 13 - Emissões de óxido nitroso provenientes dos solo com deposição de urina. Piracicaba, SP. 2009

Pelos resultados obtidos nesse experimento teste pode-se assumir que 10 dias de coleta pode ser um período suficiente para acompanhar as emissões de N₂O provenientes da urina. Os valores de N₂O encontrados ficaram dentro do esperado e não foi necessário modificar os padrões no cromatógrafo. O fluxo total acumulado foi calculado utilizando a Equação 1. O fluxo líquido foi obtido subtraindo-se as emissões acumuladas encontradas no solo sem deposição de urina das emissões do solo com deposição de urina (Tabela 5).

Tabela 5 - Fluxo de óxido nitroso acumulado total e líquido para solo com e sem deposição de urina. Piracicaba, SP. 2009

Tratamento	Fluxo de N ₂ O	
	Total	Líquido
	mg N-N ₂ O m ⁻²	
Solo com urina	69,6	61,1
Solo sem urina	8,5	

Operacionalmente, a coleta de urina foi realizada com certa facilidade, pois as fêmeas são criadas para produção de leite e aceitam mais facilmente o contato e a aproximação humana.

O objetivo do experimento teste foi atingido uma vez que sua implementação permitiu a definição dos seguintes parâmetros:

- A água é eficiente na vedação das câmaras;
- As fezes podem ser coletadas do chão, desde que seja coletado a parte superficial do bolo fecal, evitando contaminação;
- Os dejetos devem ser aplicados nas câmaras assim que excretados pelos animais;
- Dez dias de coleta dos gases é um período adequado;

A realização do experimento teste foi de extrema importância para que o experimento na Agropecuária Nova Vida pudesse ser realizado adequadamente, visando minimizar erros e gerar resultados seguros.

4.2 Experimento conduzido na Agropecuária Nova Vida

4.2.1 Alimentação e dejetos animais

As análises bromatológicas na cobertura vegetal da pastagem (*Brachiaria brizantha*), ração do confinamento, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do CENA/USP. Os resultados da análise dos alimentos (pasto, fornecido na NVD e ração com silagem, fornecidos no confinamento) e das fezes provenientes dos animais mantidos na NVD e no sistema de semi-confinamento estão

apresentados na Tabela 6. Nas amostras de urina foram determinados pH e teor de N (g kg^{-1}). Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 – Análise bromatológica dos tipos de alimentação animal e fezes provenientes de bovinos mantidos em pastagem (Fezes NVD) e animais em semi-confinamento (Fezes do confinamento). Ariquemes, RO. 2009

Amostra	MS	MM	MO	PB	Hemicelulose	Celulose	Lignina	FDN	FDA
	g kg^{-1} MV	----- g kg^{-1} MS-----							
Cobertura vegetal pastagem	161	96	904	146	326	368	54	747	422
Ração + silagem	639	72	928	147	195	152	49	396	202
Fezes do confinamento	242	132	868	136	373	243	88	716	343
Fezes NVD	145	224	776	102	511	151	100	761	251

MS: Matéria seca; MV: Matéria verde; MM: Matéria mineral; MO: Matéria orgânica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

Tabela 7 – Análise bromatológica da urina provenientes de bovinos mantidos no pasto (Urina NVD) e no sistema de semi-confinamento (Urina do confinamento)

Amostra	pH	N (g kg^{-1})
Urina do confinamento	8,4	11,5
Urina da NVD	8	7,2

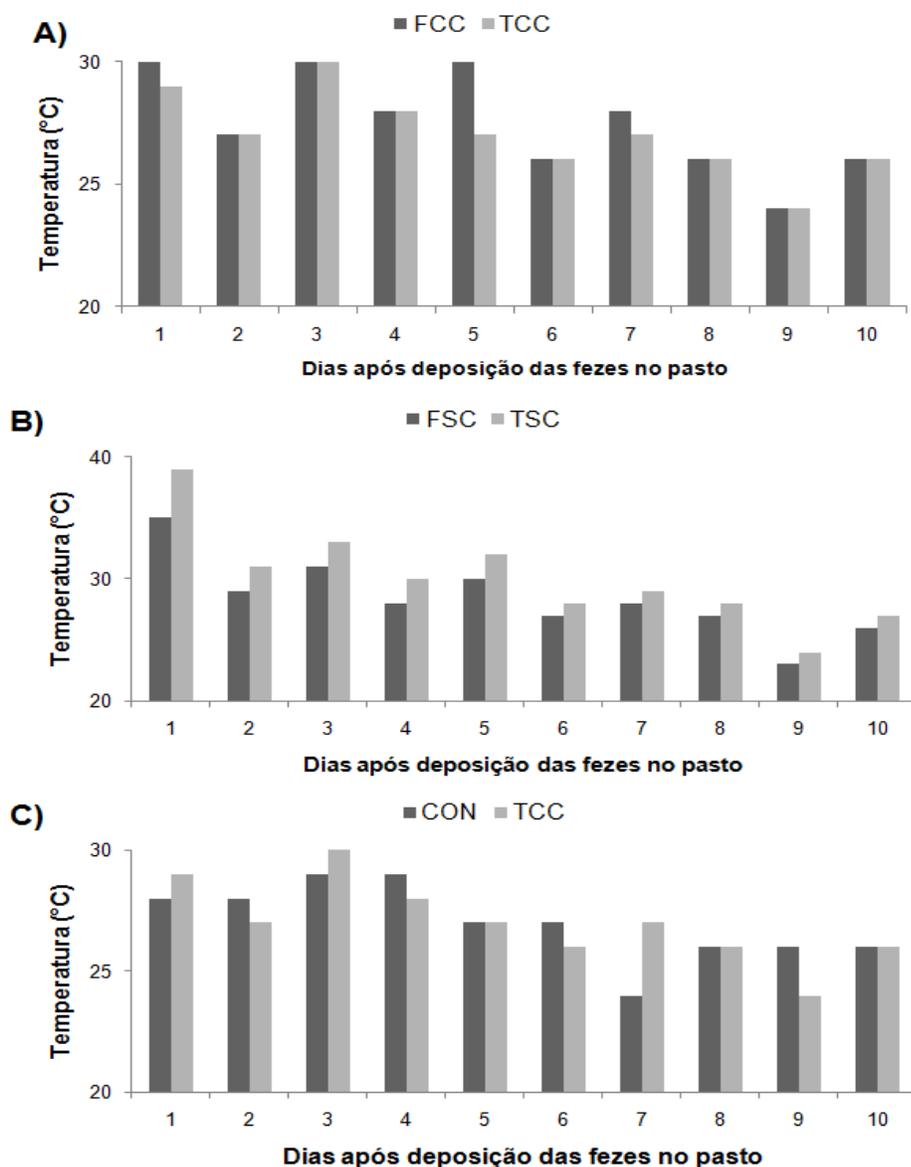
4.2.2 Metano (CH_4)

4.2.2.1 Temperatura ambiente e precipitação pluvial

A temperatura ambiente considerada foi a temperatura do ar no interior das câmaras no momento da coleta do gás. As temperaturas nos tratamentos fezes com cobertura (FCC) e testemunha com cobertura (TCC) se mantiveram muito próximas. Isto deve ter ocorrido pois a área estava protegida da luz solar, impedindo que a temperatura do solo sem fezes (TCC) se elevasse muito. O mesmo pode ser constatado no tratamento fezes do confinamento (CON) que também estava na área com cobertura. Por outro lado, na área sem cobertura com o possível aquecimento do solo, as temperaturas no tratamento testemunha na área sem cobertura (TSC) foram

superiores às temperaturas do tratamento fezes sem cobertura (FSC) em todos os dias analisados (Figura 14).

De maneira geral as temperaturas médias nos três tratamentos e nos controle mantiveram-se próximas, sendo: 28 °C para FCC e FSC, 27 °C para CON e TCC e 30 °C para TSC.



FCC: Fezes área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; FSC: Fezes área sem cobertura; TSC: Testemunha área sem cobertura; CON: Fezes do confinamento área com cobertura.

Figura 14 – Temperatura ambiente dentro das câmaras de coleta de metano para (A) fezes na área com cobertura, (B) fezes na área sem cobertura e (C) fezes do confinamento na área com cobertura. Ariquemes, RO. 2009

A precipitação pluvial durante os período de coleta de CH_4 ocorreu somente em três dias; primeiro, sétimo e nono dias após instalação do experimento. Como é típico da região as chuvas são intensas e rápidas. Entretanto, a chuva verificada no dia 7 foi prolongada, se iniciando na noite do dia 6 e estendendo pela madrugada do dia 7 (Figura 15). Na manhã do dia 7 a chuva cessou e o sol forte voltou a aparecer. Nesta manhã as câmaras da área sem cobertura estavam cheias de água. A água foi retirada de dentro das câmaras para coleta do gás. Foi verificado ainda que o solo da área com cobertura estava úmido devido à infiltração da área externa. Não houve vazamento de água pela cobertura em nenhum evento de chuva.

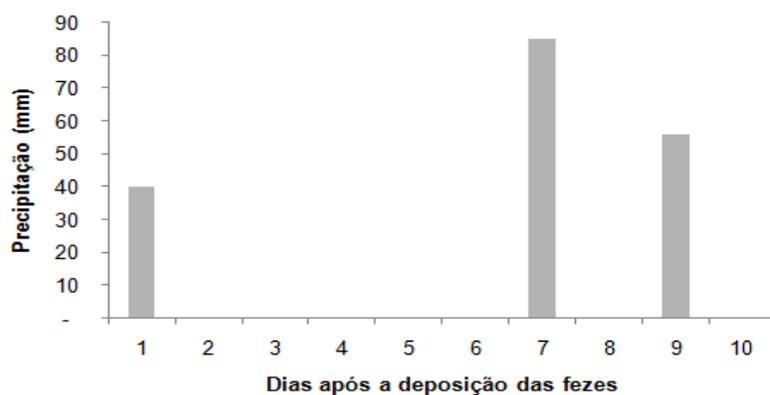


Figura 15 – Precipitação pluvial no local do experimento durante a coleta de CH_4 (28/11/09 a 07/12/09).
Ariquemes, RO

4.2.2.2 Umidade e temperatura das fezes

A umidade das fezes foi comparada com objetivo de verificar sua variação durante o período de coleta de CH₄ (10 dias) nos tratamentos FCC, FSC e CON (Tabela 8).

Tabela 8 – Umidade das fezes de bovinos durante o período de coleta de metano.

Dias	FCC	FSC	CON
	-----g kg ⁻¹ -----		
1	863 a	890 a	752 a
3	858 a	702 b	690 a
6	780 b	708 b	620 a
10	795 b	735 b	609 a

FCC: Fezes com cobertura; FSC: Fezes sem cobertura; CON: Fezes do confinamento na área com cobertura (CON). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Constata-se que a umidade no tratamento FCC manteve-se mais elevada a partir do terceiro dia, ou seja as fezes secaram a partir deste dia e mantiveram-se com umidade constante até o final do experimento (dia 10). No tratamento FSC as fezes secaram mais rapidamente, a partir do primeiro dia. Por outro lado, a umidade nas fezes no tratamento CON não diferiu significativamente o período do experimento. Neste tratamento a umidade inicial (752 g kg⁻¹) foi mais baixa que a umidade inicial nos demais tratamentos e aproxima-se dos teores de umidade finais (795 e 735 g kg⁻¹ para os tratamentos FCC e FSC, respectivamente).

As fezes no tratamento FCC foram mantidas protegidas das chuvas porém a cobertura de lona azul também impediu a entrada de luz solar na área e por isso mantiveram-se úmidas por mais tempo que as fezes no tratamento FSC. As altas temperaturas e a ação da luz solar promoveram a desidratação das fezes no tratamento FSC no primeiro ou segundo dia após a deposição no pasto (Figura 16). De maneira semelhante, foi verificado em outros trabalhos que as fezes depositadas no pasto secam em poucos dias (LODMAN et al., 1993; BURFORD E VARANI, 1976). A taxa de desidratação das fezes no pasto é variável e muito dependente das condições climáticas. Em determinadas condições pode ocorrer a formação de crosta sobre as

fezes, impedindo a perda de água no bolo fecal e retardando o consequente processo de desidratação (MISSELBROOK et al., 2005). Este fato foi confirmado no tratamento FCC.

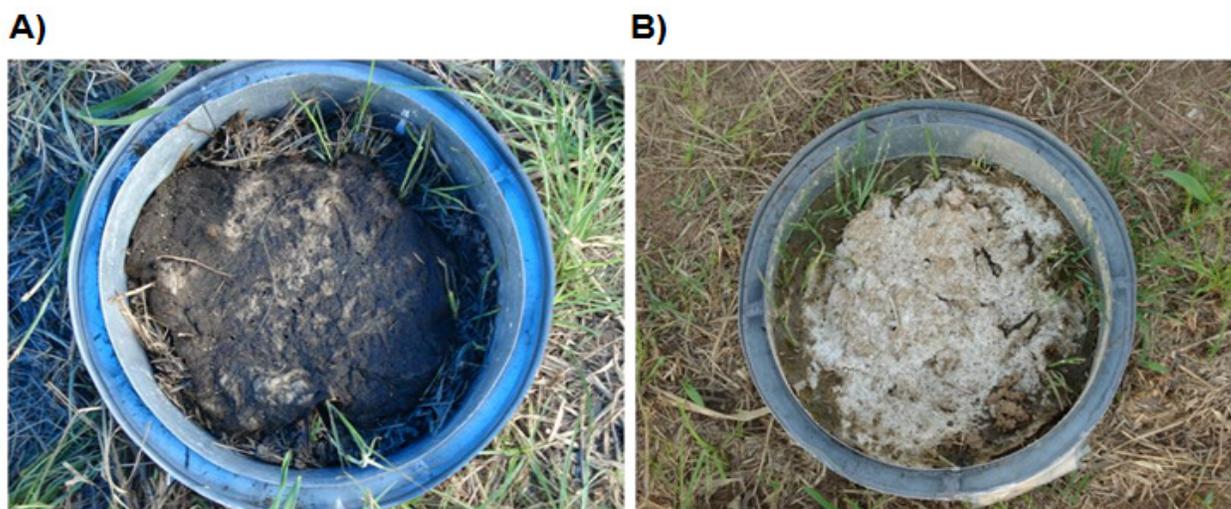


Figura 16 – Fezes de bovinos na área (A) com cobertura quatro dias após a deposição no pasto e (B) sem cobertura dois dias após a deposição no pasto. Ariquemes, RO. 2009

Uma hipótese levantada por Lodman et al. (1993) refere-se à reidratação das fezes pela ação das chuvas reestabelecendo um ambiente anaeróbico com aumento na produção de CH_4 . Isto não foi verificado neste trabalho. O tratamento FSC esteve exposto às chuvas, porém após a secagem natural das fezes, estas não recuperaram a umidade mesmo recebendo água da chuva (Tabela 8; Figura 17) e não houve aumento na produção de CH_4 conforme será descrito adiante. Os autores sugerem que a não produção de CH_4 após a precipitação pode ser devido a “lavagem” dos potenciais substratos aos microrganismos metanogênicos pela água da chuva, sendo então decompostos por vias aeróbicas.



Figura 17 – Fezes de bovinos na área sem cobertura após ocorrência de chuva. Ariquemes, RO. 2009

As fezes no tratamento CON também não apresentaram o perfil proposto por Lodman et al. (1993), pois os teores de umidade não indicam reidratação do material após a mistura com urina no início do experimento. Quanto ao tratamento CON as fezes foram coletadas no confinamento da NVD localizado em Comodoro, MT, armazenadas sob refrigeração e transportadas para a área experimental em Ariquemes, RO. Notou-se que durante o percurso de coleta, armazenamento e transporte, as fezes perderam umidade. Para instalação do experimento, as fezes foram misturadas com urina, porém não readquiriam umidade, seguindo o mesmo padrão das fezes no tratamento FSC que uma vez secas não reidrataram com ação das chuvas. Este padrão foi confirmado com a estabilidade no teor de umidade verificado pelo teste de médias no tratamento CON.

As temperaturas das fezes não variaram expressivamente ao longo do período de coleta dos gases. De maneira geral as fezes do tratamento FSC apresentaram temperaturas mais altas que as fezes dos tratamentos FCC e CON. Esta diferença nas temperaturas se deve ao fato de as fezes do tratamento FSC terem permanecido na área sem cobertura, sob forte insolação durante todo o período. As fezes dos tratamentos FCC e CON foram mantidas na área com cobertura e conseqüentemente estiveram protegidos do sol. Além disso estas fezes reteram mais água, o que diminui a

temperatura (Tabela 9). De maneira geral as temperaturas médias foram 27°C para FCC e CON e 30°C para FSC.

Tabela 9 – Temperatura das fezes de bovinos durante o período de coleta de metano. Ariquemes, RO. 2009

Dias	Temperatura (°C)		
	FCC	FSC	CON
1	27	33	27
2	26	30	28
3	29	36	28
4	28	31	27
5	27	31	30
6	27	29	26
7	27	30	24
8	26	30	24
9	23	27	27
10	25	28	26

FCC: Fezes com cobertura; FSC: Fezes sem cobertura; CON: fezes do confinamento na área com cobertura.

4.2.2.3 Teor de carbono das fezes

O teor de C inicial nas fezes foi semelhante nos três tratamentos. A variação nos teores de C estiveram dentro do esperado para os tratamentos FCC e FSC. Não foi possível visualizar variações muito expressivas em 10 dias de deposição das fezes no pasto devido ao alto teor de C contido nos dejetos. A decomposição e a variações nos teores possivelmente poderiam ser visível ao longo do tempo, em um período maior. As variações verificas no período de 10 dias são referentes provavelmente à heterogeneidade do material. No tratamento CON verifica-se uma diminuição no teor de C a partir do terceiro dia.

Tabela 10 – Teor de carbono nas fezes de bovinos durante o período de coleta de metano.

Dias	Teor de Carbono		
	FSC	FCC	CON
	-----g kg ⁻¹ -----		
1	409 a	417 a	418 a
3	311 b	357 a	400 a
6	383 ab	297 a	242 b
10	333 ab	374 a	147 c

FSC: Fezes na área sem cobertura; FCC: Fezes na área com cobertura; CON: Fezes do confinamento na área com cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

No tratamento CON a diminuição brusca no teor de C verificado a partir do terceiro dia pode estar associada à rápida decomposição das fezes. Nos primeiros dias após a deposição dos dejetos no pasto (entre os dias 1 e 2) o bolo fecal do tratamento CON apresentou colonização por fungos. Alguns dias após a deposição (entre os dias 4 e 5) o bolo fecal apresentou colonização por fungos e larvas (Figura 18). A colonização por estes organismos levou a decomposição do bolo fecal mais rapidamente que os bolos fecais dos tratamentos FCC e FSC. Os organismos colonizadores foram notados, mas não puderam ser identificados, pois não havia condições de realizar tal análise no local de estudo (NVD).



Figura 18 – Fezes e urina de bovinos misturados provenientes do sistema semi-confinamento apresentando colonização por fungos e larvas. Ariquemes, RO. 2009

4.2.2.4 Fluxo de CH₄ nos solos sob pastagem

Os principais fatores que determinam a produção de CH₄ em fezes são: tipo de dieta animal, quantidade de fezes excretadas, forma física do bolo fecal (formato, tamanho), condições climáticas (umidade e temperatura) e período em que o bolo fecal permanece intacto até a decomposição (SAGGAR et al., 2004a). Neste trabalho a quantidade excretada, forma física do bolo fecal e período de permanência no pasto foram mantidos constantes para todos os tratamentos. As variações observadas nos fluxos podem ser associadas aos elementos climáticos como temperatura e umidade. A interferência de cada um desses elementos no fluxo de CH₄ está descrita a seguir.

Diferença estatística entre as emissões dos solos com deposição de fezes (tratamentos FCC, FSC e CON) e solos sem fezes (TCC e TSC) foram encontradas (Tabela 11). Por estes resultados pode-se inferir que as emissões de CH₄ quantificadas nos tratamentos FCC, FSC e CON foram provenientes do solo, mas também das fezes depositadas sobre a pastagem.

Tabela 11 – Emissões de metano acumuladas em 10 dias para os solos com e sem deposição de fezes de bovinos.

Tratamentos		Emissão CH ₄ (mg C-CH ₄ m ⁻²)			
		Tratamentos		Tratamentos	
FCC	1033,8 a	FSC	788,4 a	CON	199,2 a
TCC	18,72 b	SSC	2,64 b	TSC	18,72 b

FCC: Fezes área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; FSC: Fezes área sem cobertura; TSC: Testemunha área sem cobertura; CON: fezes do confinamento área com cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna para não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Os tratamentos testemunha (TCC e TSC) apresentaram alguns dias com emissões negativas de CH₄ (Tabela 12).

Tabela 12 – Emissão de metano diária no solo sem deposição de fezes de bovinos.

Dias	Fluxo de CH ₄	
	TCC	TSC
	-----mg C-CH ₄ m ⁻² dia ⁻¹ -----	
1	-0,72	-22,56
2	1,2	0,24
3	1,68	0,72
4	1,92	-0,24
5	1,44	2,88
6	1,2	2,4
7	1,92	-1,44
8	4,56	3,12
9	3,12	4,08
10	4,08	4,32

TCC: Testemunha área com cobertura; TSC: Testemunha área sem cobertura

As emissões de CH₄ em solos sob pastagens podem estar associadas à alta retenção de água pelo solo, formação de sítios de anaerobiose resultante principalmente do pisoteio de animais e deposição de dejetos animais no solo (CERRI et al., 2009). Os valores negativos de fluxo indicam oxidação de CH₄ no solo ou absorção de CH₄ atmosférico (CARVALHO, 2010; CHIANESE et al., 2009; BODELIER E LAANBROEK, 2004; MOSIER et al., 1991). Com o gradual desaparecimento do bolo fecal, o solo previamente coberto pelas fezes começam a oxidar CH₄ (SAGGAR et al., 2004a). Sendo assim, áreas intensamente pastejadas por animais podem tornar-se sequestradoras de CH₄. Este comportamento foi verificado mais intensamente no tratamento TSC.

No experimento na NVD verificou-se que apesar das chuvas, as emissões de CH₄ no tratamento TSC mantiveram-se baixas e constantes durante os 10 dias. As chuvas são típicas da região, mas o clima quente favorece a rápida evaporação da água da chuva, não havendo tempo para acumular água no solo e formar condições anaeróbicas para o desenvolvimento de metanogênicos. No tratamento TCC o solo esteve protegido da ação direta do sol e as chuvas podem ter aumentado a umidade

relativa do ar e do solo na área com cobertura, favorecendo o desenvolvimento de metanogênicos e resultando em fluxo baixo mas positivo de CH₄. Steudler et al. (1996) verificaram que solos sob pastagens consomem CH₄ atmosférico durante a estação seca. Quando a umidade dos solos aumenta estes tornam-se fonte de CH₄ para a atmosfera, semelhante aos resultados apresentados neste trabalho.

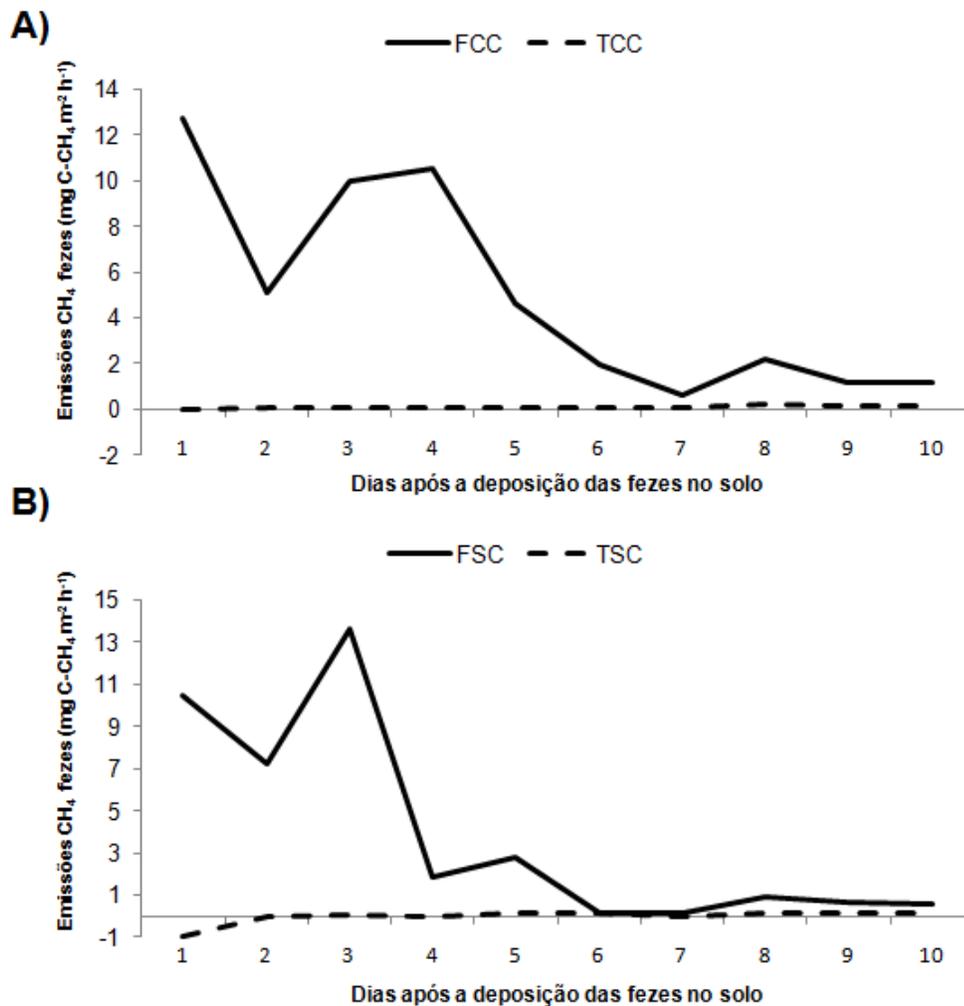
Estatisticamente os fluxos de CH₄ nos tratamentos FCC e FSC não foram significativamente diferentes (Tabela 13).

Tabela 13 – Fluxo de metano acumulado em 10 dias para solo com deposição de fezes de bovinos. Ariquemes, RO. 2009

Tratamentos	Fluxo de CH₄
	mg C-CH ₄ m ⁻²
FCC	1033,8 a
FSC	788,4 a

FCC: Fezes na área com cobertura; FSC: Fezes na área sem cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si para o Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Os dois tratamentos apresentaram perfil de emissão bastante semelhante durante os 10 dias de coleta (Figura 19), sendo elevado valor de emissão no primeiro dia, pequena diminuição no segundo dia, novamente emissão elevada no terceiro dia e tendência a estabilização entre o quarto e décimo dia. No tratamento FSC a diminuição nas emissões após o segundo pico foi mais expressiva em relação à queda no tratamento FCC.



FCC: Fezes área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; FSC: Fezes área sem cobertura; TSC: Testemunha área sem cobertura.

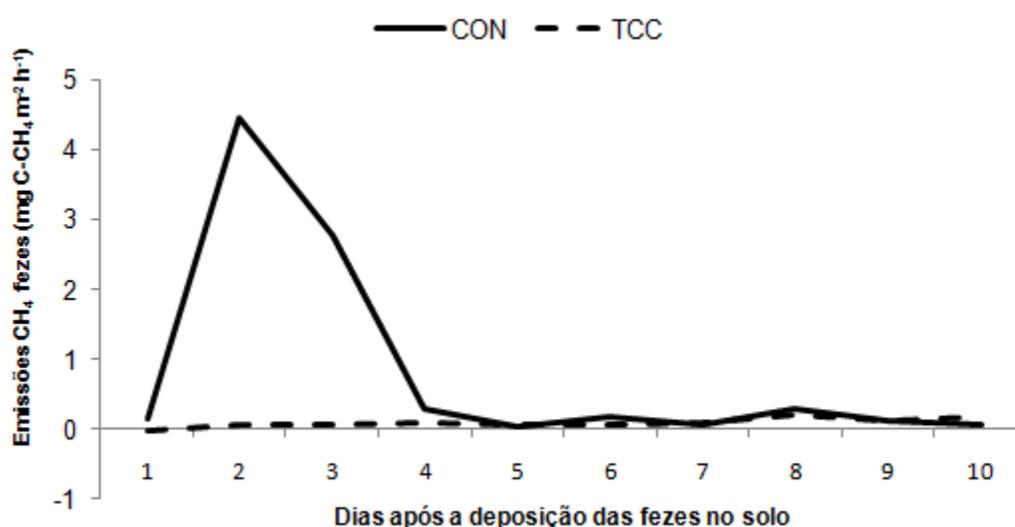
Figura 19 – Emissões de metano provenientes das fezes na área (A) com cobertura e (B) sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

O tratamento CON foi comparado somente com o tratamento FCC pois ambos foram mantidos na área com cobertura, sob as mesmas condições de umidade e temperatura. Pela análise estatística dos dados foi observado diferença significativa entre o fluxo de CH₄ nos tratamentos CON e FCC (Tabela 14). O perfil das emissões entre os tratamentos também foi diferenciado. Ou seja, as emissões no tratamento CON iniciam-se baixas no primeiro dia, apresentando somente um pico no segundo dia e tendência à estabilização nos outros dias (Figura 20).

Tabela 14 – Emissões de metano acumuladas para fezes de bovinos mantidos a pasto e em sistema de semi-confinamento. Ariquemes, RO. 2009

Tratamentos	Fluxo de CH ₄
FCC	mg C-CH ₄ m ⁻² 1033,8 a
CON	199,2 b

FCC: Fezes área com cobertura; CON: Fezes do confinamento área com cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si para o Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).



CON: Fezes do confinamento na área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura.

Figura 20 – Emissões de metano provenientes dos solos com deposição de fezes do confinamento. Ariquemes, RO. 2009

As emissões de CH₄ nos três tratamentos ocorreram principalmente nos primeiros dias após a deposição das fezes no pasto (Tabela 15). Considerando o fluxo acumulado determinado nos 10 dias de coleta como sendo o fluxo total (100%) foi verificado que 77% das emissões ocorreram quatro dias após a deposição das fezes no solo para o tratamento FCC. Nos tratamentos FSC e CON verificou-se que 82% e 91% das emissões ocorreram até o quarto dia após a deposição das fezes no pasto, respectivamente. No quinto dia de deposição das fezes no pasto a produção de CH₄ atingiu aproximadamente 90% do seu potencial no período estudado para os três tratamentos.

Tabela 15 – Fluxo de metano proveniente de fezes de bovinos a pasto e em semi-confinamento.

Dias	Fluxo CH ₄ acumulado (%)		
	FCC	FSC	CON
1	25	27	2
2	36	46	55
3	56	82	88
4	77	86	91
5	86	94	92
6	90	94	94
7	91	94	95
8	95	97	98
9	98	98	99
10	100	100	100

FCC: Fezes área com cobertura; FSC: Fezes sem cobertura; CON: Fezes do confinamento área com cobertura.

O pico inicial de emissão no primeiro dia representou 25% e 27% das emissões totais em 10 dias nos tratamentos FCC e FSC, respectivamente. Entretanto, no tratamento CON, no primeiro dia a emissão representou somente 2% das emissões totais no período, ou seja não houve emissão inicial no tratamento CON. O fluxo determinado no tratamento CON não condiz com os padrões previamente encontrados, principalmente devido a esta falta do pico inicial (SAGGAR et al., 2003; SHERLOCK et al., 2003; JARVIS et al., 1995; LODMAN et al, 1993). O pico inicial de emissão representa o principal momento de produção de CH₄ nas fezes. Este pico não foi quantificado no momento ideal para o tratamento CON, pois provavelmente o processo de emissão ocorreu durante o período de coleta, armazenamento e transporte dos dejetos de Comodoro, MT a Ariquemes, RO, impossibilitando a quantificação.

A condição anaeróbica formada pela adição da urina por ocasião da instalação do experimento em Ariquemes, RO propiciou a ativação de alguns microrganismos metanogênicos remanescentes levando à baixa produção de CH₄ quantificada no tratamento CON (Figura 20). Acredita-se que os resultados apresentados neste trabalho foram subestimados para as emissões de CH₄ provenientes de fezes e urina de animais mantidos em semi-confinamento (tratamento CON).

Futuras pesquisas são necessárias para determinar as emissões de CH₄ nas fezes e urina de animais em semi-confinamento. As dificuldades encontradas devem

ser consideradas para possíveis melhorias na metodologia de coleta dos dejetos e dos gases. Para verificar a dieta animal oferecida no sistema de semi-confinamento e a interferência na produção de CH₄ nas fezes, a metodologia proposta neste trabalho foi adequada, com a ressalva de que as coletas do gás devem ser iniciadas logo após a defecação animal. As fezes podem ser armazenadas sob refrigeração constante, não atingindo temperaturas superiores a 4°C por no máximo três a quatro dias, como foi feito para as fezes coletadas na NVD (tratamentos FCC e FSC). Sugere-se ainda que para quantificação do CH₄ produzido nas condições de semi-confinamento, o gás seja coletado nos piquetes onde os animais são mantidos para que a interferência do pisoteio animal e da mistura de fezes e urina na produção de CH₄ sejam também consideradas.

Com relação aos tratamentos FCC e FSC, verifica-se que no terceiro dia de deposição das fezes no pasto o tratamento FSC já havia perdido 82% do CH₄ produzido nas fezes, porém no tratamento FCC ainda havia potencial de emissão de cerca de 50%. As fezes no tratamento FCC permaneceram sob a cobertura construída na área e estavam então protegidas da forte insolação e conseqüentemente perderam umidade a partir do terceiro dia de deposição. No tratamento FSC as fezes perderam umidade a partir do primeiro e segundo dia (Tabela 9). A umidade mantida nas fezes permitiu o desenvolvimento de metanogênicos e a produção de CH₄ por um período mais longo. Ainda devido à umidade da fezes, a observação do perfil de emissão nestes tratamentos indica a diminuição brusca nas emissões do tratamento FSC a partir do terceiro dia, enquanto no tratamento FCC a diminuição ocorreu de maneira gradual a partir do quarto dia de deposição das fezes no pasto (Figura 19).

O perfil de emissão encontrado nos tratamentos FSC e FCC foi semelhante ao encontrado em outros estudos, inclusive conduzidos sob condições climáticas bastante diferenciadas, e até mesmo com o perfil obtido em dejetos líquidos, ficando as variações nos resultados associadas somente à quantidade de CH₄ produzido (SAGGAR et al., 2004a; MASSE et al., 2003; SHERLOCK et al., 2003; YAMULKI et al., 1999; HOLTER, 1997; FLESSA et al., 1996; JARVIS et al., 1995; WILLIAMS, 1993).

Pela análise de regressão multivariada identifica-se fortes indícios da existência de associação entre os teores de umidade das fezes nos tratamentos FCC (P= 0,01;

$\alpha=0,05$) e FSC ($P=0,03$; $\alpha=0,05$). Porém no tratamento CON a associação entre teor de umidade das fezes e emissões de CH_4 não foi verificada por razões operacionais. A umidade nas fezes promove a formação de microsítios anaeróbicos essenciais ao desenvolvimento de metanogênicos. Dessa forma, é esperado que em teores elevados de umidade os fluxos de emissão de CH_4 nas fezes sejam maiores (SAGGAR et al., 2004a).

Estatisticamente não foi verificada associação da temperatura das fezes com as emissões de CH_4 em nenhum dos tratamentos. De fato, variações pode ocorrer quanto a essa associação. Lodman et al. (1993) verificaram que quando as fezes secam rapidamente sua temperatura deixa de ser um importante fator relacionado a produção de CH_4 . Em trabalho conduzido na Austrália Williams (1993) verificou que a taxa de emissão ocorria em função da temperatura das fezes. Ainda neste experimento, o clima da região não promoveu rápida desidratação das fezes havendo então interferência da temperatura. Em dejetos armazenados na forma líquida a temperatura também está relacionada com a produção de CH_4 (LOYON et al., 2008).

A temperatura ambiente e a precipitação pluvial não foram consideradas no modelo estatístico de regressão multivariada pois estão diretamente relacionadas à temperatura e umidade das fezes.

Os teores de C nas fezes foram altos, representando aproximadamente 40% do seu peso total. No entanto, foi verificado que uma parcela muito pequena do C inicial foi perdida nas fezes na forma de CH_4 durante 10 dias de deposição das fezes no pasto (Tabela 16).

Tabela 16 – Teor de carbono nas fezes de bovinos e carbono perdido na forma de metano em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Tratamento	Teor Carbono		C- CH_4	
	Inicial	Final	g C- CH_4 kg ⁻¹	%
FCC	417 a	374 a	0,04 a	0,01 a
FSC	409 a	333 a	0,034 a	0,008 a
CON	418 a	147 b	0,007 b	0,002 b

FCC: Fezes área com cobertura; FSC: Fezes área sem cobertura; CON: Fezes do confinamento na área com cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Nos tratamentos FCC e FSC o teor de C diminuiu pouco durante o período do experimento, com reduções de 10% e 18% para cada tratamento respectivamente. O teor de C perdido na forma de CH_4 foi similar para os dois tratamentos, o que era esperado, uma vez que não houve diferença significativa nas emissões de CH_4 nos tratamentos.

No tratamento CON, a redução no teor de C durante o período do experimento foi bem mais expressiva, de 65% aproximadamente. Porém, a perda na forma de CH_4 foi ainda menor. Entretanto, a produção de CH_4 neste tratamento está subestimada, como descrito anteriormente e sendo assim este valor também deve seguir o mesmo padrão.

Uma vez que uma pequena parcela do C nas fezes é perdida como CH_4 , acredita-se que a maior parte do C contido nas fezes é utilizado por outros microrganismos que não os metanogênicos. As fezes depositadas no solo representam uma fonte de substrato para os microrganismos do solo e da pastagem e serão decompostas, liberando C na forma de CO_2 na respiração microbiana. No tratamento CON a decomposição dos dejetos foi muito mais intensa que nos outros tratamentos, e devido a ação de fungos e larvas. Este tratamento provavelmente emitiu altos níveis de CO_2 quando comparado aos outros tratamentos. O CO_2 emitido nas fezes não foi quantificado neste trabalho e pode representar interesse de pesquisas futuras.

Pela análise de regressão multivariada constata-se que não há associação significativa entre os teores de C nas fezes e as emissões de CH_4 nos tratamentos FCC, FSC e CON. Esta falta de correlação deve ter ocorrido devido à pequena parcela do C total perdido na forma de CH_4 .

4.2.2.5 Fator de emissão de CH_4 proveniente das fezes

Os fluxos acumulados foram calculados segundo a Equação 1. As emissões líquidas foram calculadas subtraindo os fluxos acumulados quantificados nos testemunhas (TCC e TSC) do fluxo acumulado nos tratamentos (FCC e FSC; Tabela 17). Para determinação do fluxo CH_4 em gramas de CH_4 por animal por dia foram

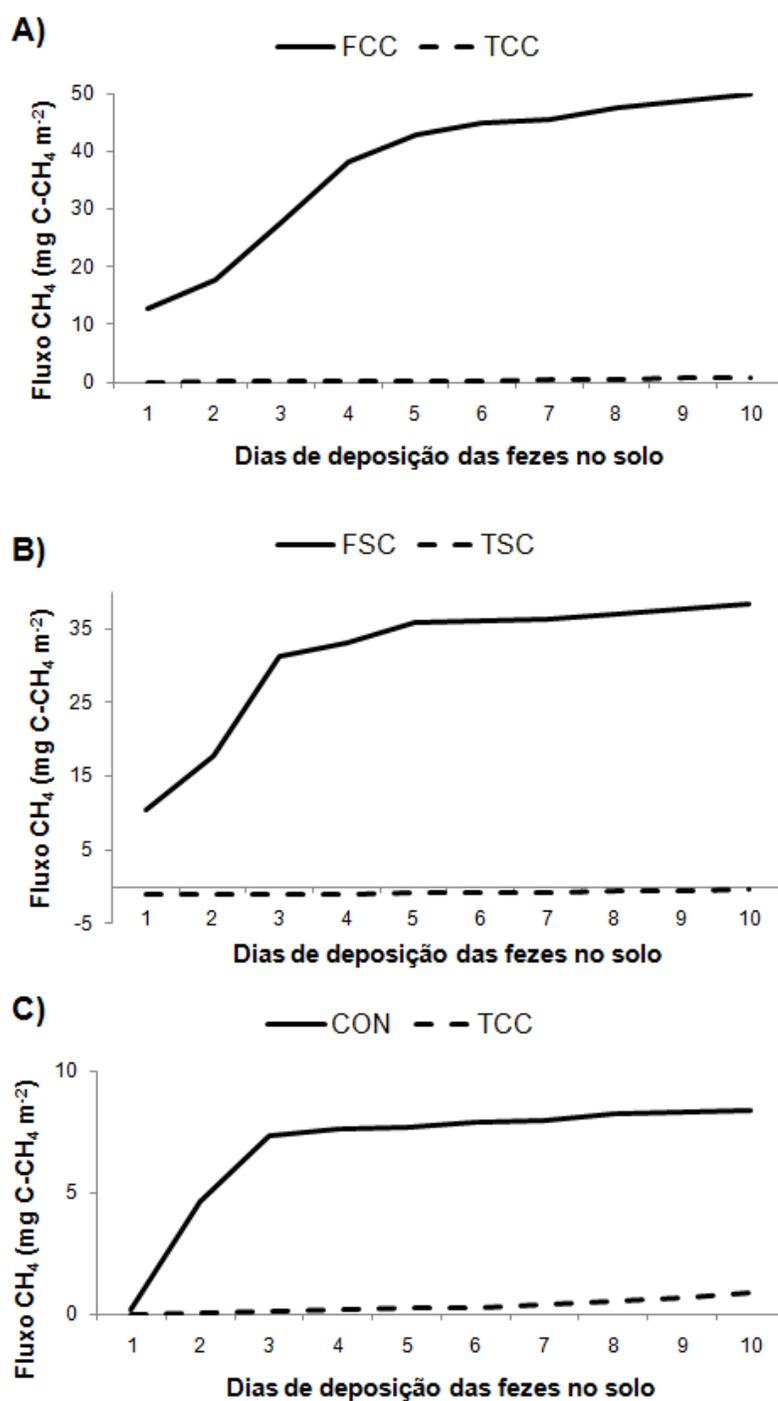
utilizados os valores de referência determinados por Matthews et al. (1996) que estão de acordo com valores de referência propostos por outros autores (AUERSWALD et al., 2009; RODRIGUES et al., 2008; KOZLOSKI et al., 2006; BRAZ et al., 2002; WHITE et al., 2001; MINER et al., 1995; DAY et al., 1990). Dessa forma, tem-se as seguintes especificações definidas: os bovinos liberam cerca de 0,5 a 1% de matéria seca do seu peso vivo por dia em forma de fezes. Um bovino defeca 11 a 16 vezes por dia. Cada evento produz 1,5 a 2,7 Kg de fezes.

Tabela 17 – Fluxo total líquido de metano nas fezes de bovinos em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Tratamentos	Fluxo de CH ₄	
	mg C-CH ₄ m ⁻²	kg C-CH ₄ animal ⁻¹ ano ⁻¹
FCC	1015,1 a	0,7 a
FSC	785,8 a	0,5 a
CON	180,5 b	0,1 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Os valores de fluxo líquido determinados estão próximos de valores encontrados em outras pesquisas (SUN et al., 2008; CHADWICK et al., 2000; FLESSA et al., 1996; JARVIS et al., 1995; LODMAN et al., 1993). As variações nos resultados entre estudos ocorreram provavelmente devido as diferenças nas condições climáticas das regiões de estudo e alimentação fornecida aos animais. Quando comparadas as emissões nos solos com fezes as emissões dos testemunhas (solo sem fezes) verifica-se que há emissões e são significativas. Os fluxos acumulados estão representados na Figura 21. A área entre as retas de cada figura é considerado o fator de emissão de CH₄ provenientes das fezes em cada tratamento.



FCC: Fezes área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; FSC: Fezes área sem cobertura; TSC: Testemunha área sem cobertura; CON: Fezes do confinamento área com cobertura.

Figura 21 – Fluxos de CH₄ acumulados nas fezes de bovinos a pasto na área (A) com cobertura, (B) sem cobertura e (C) fezes de bovinos em confinamento. Ariquemes, RO. 2009

A ideia inicial do trabalho compreendia simular a estação seca com a cobertura construída na área, mas devido ao fato de a cobertura ter protegido a área também da insolação direta, as fezes mantiveram-se úmidas por mais tempo. A chuva forte no sétimo dia de coleta de gás promoveu infiltração de água no solo da área coberta que demorou para secar pois estava protegido da insolação. Esta infiltração de água pode ter modificado as condições de temperatura e umidade ambiente e das fezes. A área sem cobertura, que seria considerada a época úmida, não recebeu chuvas diárias, como esperado e somente nos últimos dias de coleta do gás, assim permitiu a desidratação das fezes nos primeiros dias de deposição no solo. Ou seja, os dias mais favoráveis para produção de CH₄. Assim, os resultados encontrados não podem ser associados às estações do ano.

Os resultados encontrados neste trabalho são parciais e representam estimativas. Sendo assim, o fator de emissão de CH₄ provenientes de fezes de bovinos depositadas em solo sob pastagem em clima tropical foi calculado como sendo a média dos fluxos de emissão encontrados nos tratamentos FCC e FSC (Tabela 17), igual a 0,6 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹. Os resultados encontrados no tratamento CON não foram utilizados para definição do fator de emissão pois estes valores provavelmente estão subestimados.

O fator de emissão proposto neste trabalho é mais baixos que os valores propostos pelo IPCC (1 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹; IPCC, 2007) e pelo Ministério da Ciência e Tecnologia no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas (2 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹; LIMA et al; 2006a). Futuras pesquisas são sugeridas no sentido de aprimorar estes valores e definir fatores de emissão mais precisos para as condições tropicais brasileiras. Este trabalho pode ser usado como base na geração de novos resultados.

4.2.3 Óxido nitroso (N₂O)

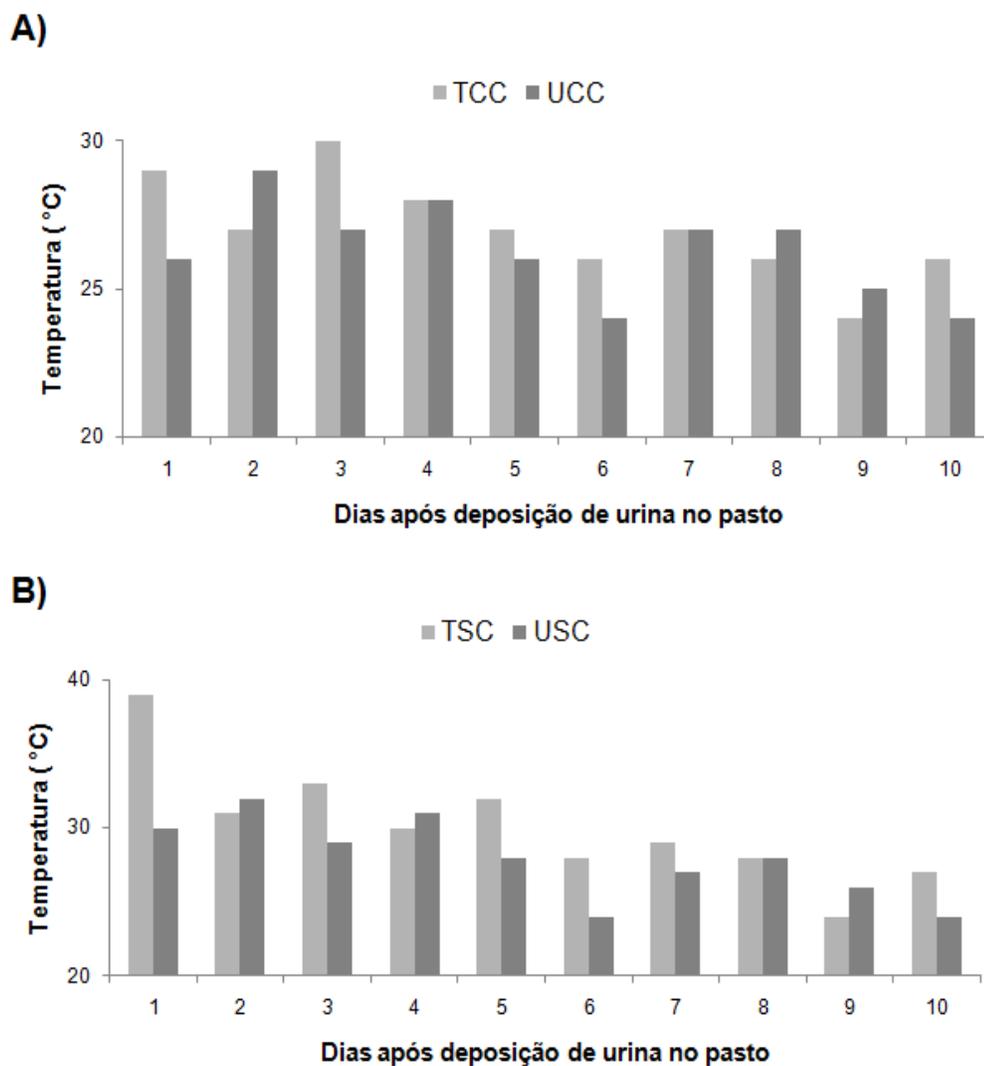
A urina proveniente do confinamento e misturada com as fezes não foi analisada quanto às emissões de N₂O devido à problema técnico ocorrido no cromatógrafo Shimadzu GC 2014 durante a análise dos gases. Parte das análises foi concluída em outro equipamento similar (Shimadzu 14A), porém não foi possível realizar a análise de todas as amostras dos gases provenientes dos dejetos do confinamento. Além disso, os resultados encontrados para o fluxo de CH₄ dos dejetos do confinamento foram considerados subestimados e supõe-se que o mesmo ocorreria para o fluxo de N₂O. A extrapolação dos dados obtidos para suprir os dados não obtidos pela falta de análise das amostras poderia gerar resultados não confiáveis.

4.2.3.1 Temperatura ambiente e precipitação pluvial

A temperatura ambiente considerada é a temperatura do ar no interior das câmaras no momento da coleta do gás. Como se observa na Figura 22 A, na cobertura, existe uma tendência das temperaturas no tratamento UCC serem mais baixas que as temperaturas no tratamento TCC, uma vez que a adição de urina diminui a temperatura do solo e conseqüentemente do ar na superfície.

Na área sem cobertura (Figura 22 B), nota-se que no primeiro dia de coleta do gás a temperatura no tratamento TSC foi alta, possivelmente devido a exposição ao sol forte. Provavelmente as camadas superficiais do solo estavam também aquecidas no momento em que a urina foi depositada. Nos outros dias houve a mesma tendência de alta temperatura verificada neste tratamento comparativamente ao tratamento USC.

As temperaturas médias encontradas foram: 26 °C, 27 °C, 28 °C e 30 °C para UCC, TCC, USC e TSC, respectivamente.



TCC: Testemunha na área com cobertura; UCC: Urina na área com cobertura; TSC: Testemunha na área sem cobertura; USC: Urina área sem cobertura.

Figura 22 – Temperatura ambiente dentro das câmaras de coleta de óxido nitroso nas áreas (A) com cobertura e (B) sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

A coleta de N_2O e de CH_4 ocorrem simultaneamente, então a precipitação foi a mesma mencionada no item 4.2.2.1 (Figura 15).

4.2.3.2 Umidade do solo

A variação da umidade entre os tratamentos UCC, TCC e USC, TSC foi verificada durante o período de 10 dias e nas profundidades de 0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm (ANEXO A). O objetivo da coleta do solo em profundidades durante o período do experimento foi verificar interferência da adição de urina na umidade do solo. Esperava-se que com o passar do tempo a urina adicionada percolasse nas camadas mais profundas do solo, umidificando conseqüentemente as amostras. Ainda esperava-se que principalmente na área com cobertura onde a ação do sol foi impedida a umidificação do solo fosse percebida durante os 10 dias. Porém, os resultados da análise estatística não indicaram variação significativa (Tabela 18). Presume-se que a água contida na urina evaporou nos primeiros dias após a deposição no solo devido as altas temperaturas da região, não havendo assim variação significativa nos teores de umidade do solo.

Tabela 18 – Umidade do solo com deposição de urina de bovinos durante 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Dias	Área com cobertura		Área sem cobertura	
	UCC	TCC	USC	TSC
	-----g kg ⁻¹ -----			
1	177 A a	170 A a	170 A b	167 A b
3	161 A a	140 A a	156 A b	174 A b
6	176 A a	168 A a	182 A a	184 A a
10	188 A a	169 A a	184 A a	188 A a

UCC: Urina área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura. Letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas comparam médias entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

O efeito da precipitação pluvial ocorrida no dia 7 não foi avaliado pois não foi realizada coleta de solo após este evento. Entretanto, no dia 9 ocorreram chuvas e os teores de umidade verificados no dia 10 não foram significativamente diferentes, apesar de serem mais altos que os outros dias. Neste dia, os valores de umidade também não variaram entre as áreas apesar de o tratamento UCC ter sido protegido. Provavelmente a infiltração de água no solo elevou os teores de umidade também na área com cobertura.

4.2.3.3 Teor de nitrogênio do solo

O teor de N no solos não diferiu significativamente entre os tratamentos durante o período de coleta do gás (Tabela 19). Os teores de N no primeiro dia foram maiores que outros dias nos tratamentos UCC, TCC e USC. No tratamento TSC o teor de N não variou durante o período de 10 dias. Porém, como não há diferença entre os solos com e sem adição de urina o teor de N mais elevado no primeiro dia não pode ser devido à adição de urina no solo. Este teor deve estar relacionado com condições de clima e do solo neste dia em toda a área de estudo (com e sem cobertura).

Tabela 19 – Teor de nitrogênio no solo durante o período de coleta de óxido nitroso. Ariquemes, RO. 2009

Dias	Área com cobertura		Área sem cobertura	
	UCC	TCC	USC	TSC
	-----g kg ⁻¹ -----			
1	1,4 A a	1,6 A a	1,6 A a	1,4 A a
3	1,0 B a	1,0 B a	1,1 B a	1,2 A a
6	1,0 B a	0,9 B a	1,1 B a	1,2 A a
10	1,0 B a	0,7 B a	1,2 B a	1,1 A a

UCC: Urina área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura. Letras maiúsculas nas colunas e letras minúsculas nas linhas comparam médias entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Quando observados os teores de N no perfil do solo verifica-se que não ocorreu consistência que pudesse estar relacionada com a adição de urina. Os resultados não variaram com relação aos controles e assim não indicam interferência da urina nos teores de N (ANEXO B).

4.2.3.4 Fluxo de N₂O nos solos sob pastagem

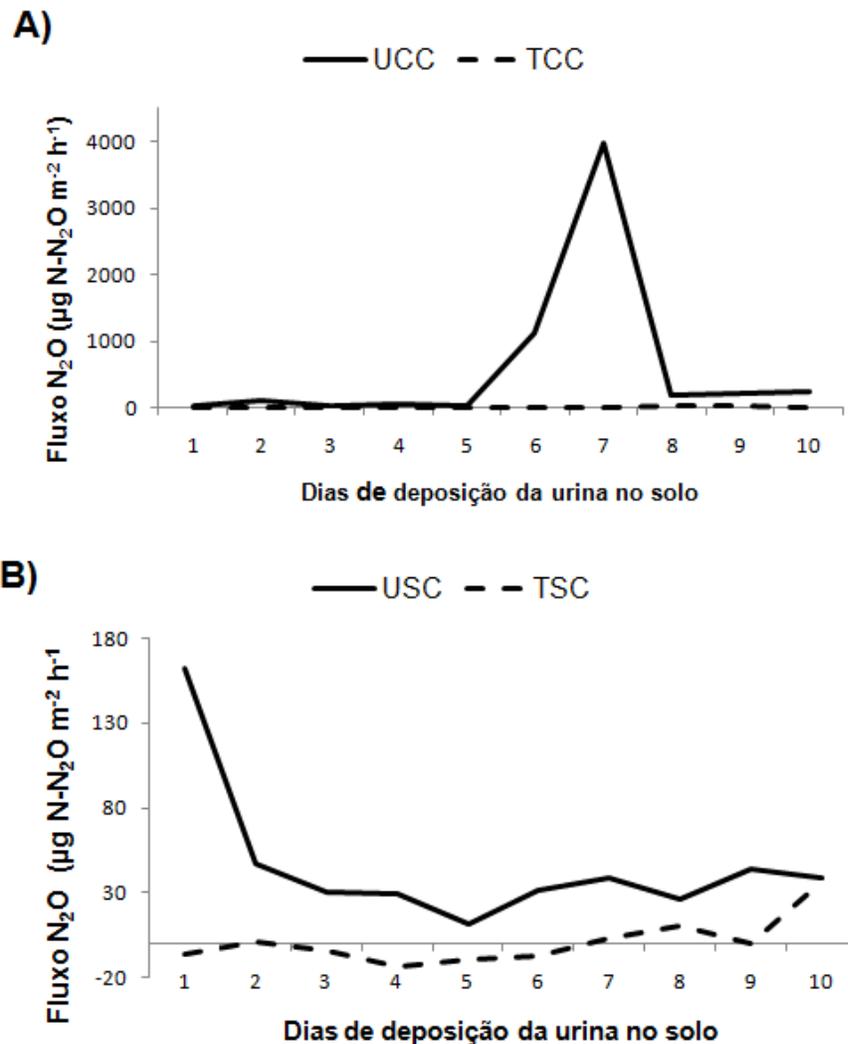
Os fluxos em cada tratamento foram calculados segundo a Equação 1. Pelos dados apresentados na Tabela 20 observa-se que os fluxos de N₂O variaram significativamente entre os tratamentos (UCC e USC) e os testemunhas (TCC e TSC). Estes resultados suportam que as emissões de N₂O quantificadas nos tratamentos foram provenientes dos solo mas também da urina despositada nos solos sob pastagem.

Tabela 20 – Emissões de óxido nitroso no solo com deposição de urina de bovinos em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Fluxo de N ₂ O (mg N-N ₂ O m ⁻²)			
Tratamentos		Tratamentos	
UCC	140,9 a	USC	8,6 a
TCC	1,9 b	TSC	-0,2 b

UCC: Urina área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

O fluxo de N₂O nos tratamentos TCC e UCC foram maiores que TSC e USC, indicando que de uma maneira geral a área com cobertura emitiu mais N₂O em relação a área sem cobertura, tanto no solo como no solo com adição de urina (Figura 23).



UCC: Urina área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura.

Figura 23 – Fluxo de óxido nitroso provenientes dos solos com adição de urina de bovinos na área (A) com cobertura e (B) sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

O perfil das emissões encontradas nas área com e sem cobertura é bastante diferente, tanto para os tratamentos quanto para os testemunhas. No tratamento TCC a emissão manteve-se bem baixa até o sexto dia, apresentando pequena elevação neste dia e aumento significativo nos dias 8 e 9. O tratamento TSC apresenta um pequeno aumento na emissão no dia 8 e aumento mais acentuado no dia 10. As emissões de N_2O em solo sob pastagem estão associadas principalmente a compactação do solo. Em solos de pastagem a compactação é ainda mais acentuada que em outras áreas

devido ao pisoteio animal (ANGER et al., 2003; CARRAN et al., 1995; CLAYTON et al., 1994). O solo compactado favorece a formação de microsítios anaeróbicos, favorecendo a denitrificação e liberação de N_2O (BALL et al., 1999; DOUGLAS E CRAWFORD, 1993; HANSEN et al., 1993; STALEY et al., 1990; TOLLNER et al., 1990). A compactação do solo pode aumentar em até 7 vezes as emissões de N_2O no solo, principalmente em solos úmidos (BHANDRAL et al., 2003; YAMULKI E JARVIS, 2002; NAETH et al., 1990). O pico de emissão verificado a partir do dia 7 no tratamento TCC pode estar relacionado à umidificação do solo pela infiltração da água da chuva ocorrida na madrugada do sétimo dia. Esta área esteve protegida do sol e manteve o solo úmido por mais tempo, quando comparada à área sem cobertura. No tratamento TSC não foi verificado pico após as chuvas pois o solo secou muito rápido, não havendo tempo para ocorrer a nitrificação seguida de denitrificação e produção de N_2O .

A produção de N_2O em solo é muito variável. No tratamento TSC a emissão aumenta a partir do dia 9 e não é aconselhável extrapolar os dados para prever o que acontece após este período com a emissão de N_2O , devido a alta variabilidade nas emissões. Muitos estudos mostram que a denitrificação no solo e as emissões de N_2O são muito variáveis (SAGGAR et al., 2004b; 2003; LUO et al., 1999; WILLIAMS et al., 1999; RUZ-JEREZ et al., 1994). As variações temporais podem ser associadas à variações nas temperaturas e umidade do solo (AULAKH et al., 1991). Devido à essas variações, os resultados de fluxo de N_2O em solos são bastante inconsistentes (DALAL et al., 2003).

Pela análise estatística dos dados (Tabela 21), constata-se que os fluxos de N_2O nos tratamentos UCC e USC foram significativamente diferentes ($P=0,0418$, $\alpha=0,05$). O perfil de emissão nos tratamentos foi bastante diferente (Figura 23). O tratamento UCC apresentou baixos níveis de emissão até o quinto dia aumentando significativamente a partir do sexto até o oitavo dia, quando as emissões voltam a diminuir. O tratamento USC apresenta perfil de emissão de acordo com o esperado: um pico inicial, diminuição a partir do segundo dia e tendência à estabilização. Porém, devido à alta variabilidade na produção de N_2O no solo não é seguro afirmar que houve realmente estabilização destas emissões após o período de 10 dias.

Tabela 21 – Emissões de óxido nitroso no solo com e sem adição de urina de bovinos em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Tratamentos	Fluxo de N₂O
	mg N-N ₂ O m ⁻²
UCC	140,9 a
USC	8,6 b

UCC: Urina área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Possivelmente, as emissões de N₂O nas áreas com e sem cobertura tenham ocorrido de maneiras diferentes. O pico inicial (dia 1) de N₂O verificado no tratamento USC foi previamente reportado em outros estudos (de KLEIN e VAN LOGTESTIJN, 1994; KOOPS et al., 1997; WILLIAMS et al., 1999). Entretanto é improvável que tenha ocorrido nitrificação e denitrificação do N provenientes da urina em tão curto período de tempo (VAN GROENIGEN et al., 2005). Dessa forma, o pico inicial de N₂O é provavelmente devido à liberação de C e N do solo causados pela queda no pH devido a adição de urina (VELTHOF et al., 2003).

No tratamento UCC, os valores iniciais de emissão (três primeiro dias) foram próximos aos encontrados no tratamento USC (Tabela 22). Neste tratamento também deve ter ocorrido a liberação de C e N do solo pela adição de urina. Entretanto, estas não representaram as principais emissões da área com cobertura. A urina adicionada com o efeito da umidade no solo pela infiltração da água da chuva ocorrida no dia 7 possivelmente tenham causado o pico de emissão no sétimo dia.

Tabela 22 – Emissões de óxido nitroso nos solo com deposição de urina de bovinos. Ariquemes, RO. 2009

Dias	Fluxo de N ₂ O	
	UCC	USC
	μg N-N ₂ O m ⁻² h ⁻¹	
1	26,76	161,99
2	101,28	46,72
3	42,16	30,12
4	60,00	28,90
5	32,97	11,53
6	1115,92	31,18
7	3977,64	38,54
8	194,12	25,99
9	206,06	44,20
10	257,05	38,53

UCC: Urina área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura.

Considerando o fluxo acumulado determinado nos 10 dias de coleta como o fluxo total (100%) verificou-se que no tratamento UCC as emissão passaram de 23% para 89% entre os dias 6 e 7, indicando que 66% da emissões totais ocorreram no dia 7. No tratamento USC, por outro lado, 52% das emissões ocorreram até o dia 3, sendo os outros 50% divididos entre os outros dias de coleta (Tabela 23).

Tabela 23 – Emissões de óxido nitroso no solo com adição de urina de bovinos acumuladas em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Dias	Fluxo N ₂ O acumulado (%)	
	UCC	USC
1	0	35
2	2	46
3	3	52
4	4	58
5	4	61
6	23	68
7	89	76
8	92	82
9	96	92
10	100	100

UCC: Urina área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura.

Para verificar o efeito da umidade do solo foi realizada análise de regressão com todas as profundidades, porém os resultados não foram favoráveis indicando que as variáveis são interdependentes. Dessa forma, a análise estatística foi refeita somente com as profundidades 0-3 cm e 3-6 cm, por serem consideradas as que mais interferem na produção de N_2O no solo (JIN et al., 2010). Assim pode-se constatar que o tratamento UCC correlacionou-se com a umidade do solo nas duas camadas ($P=0,0001$ para camada 0-3 cm e $P=0,0002$ para camada 3-6 cm). No tratamento USC não foi verificada interação entre a umidade no solo e as emissões. Estes resultados confirmam as hipóteses propostas acima de que as emissões da área coberta estiveram relacionadas com a umidade do solo no dia 7, após a chuva. Apesar da umidade do solo estar relacionada às emissões no tratamento UCC e explicarem a existência do pico de emissão de N_2O no dia 7, não foi verificado aumento nos teores de umidade ao longo do período na área com cobertura. Isto pode ter ocorrido já que não foi realizada coleta de solo para verificação da umidade no dia 7, após a chuva. Houve precipitação pluvial também no dia 9, mas não foi tão intensa quanto no dia 7. A infiltração não foi tão marcante para umidecer a área coberta. No momento da coleta das amostras para análise no dia 10, os solos já estavam secos novamente. Por isso acredita-se que a umidade do solo interferiu nas emissões mas sua variação não foi determinada durante o experimento.

A temperatura ambiente no interior das câmaras não apresentou correlação com as emissões nos tratamentos UCC e USC. A precipitação pluvial não foi incluída no modelo estatístico pois está diretamente relacionada à umidade do solo e temperatura ambiente. Os teores de N nos solos também não apresentaram correlação com as emissões de N_2O . Acredita-se que os teores de N não estejam correlacionados às emissões pois como foi citado anteriormente, as emissões de N_2O podem ser decorrente do N previamente contido no solo, o qual seria liberado com a queda no pH causado pela adição de urina. Não se pode afirmar que a produção de N_2O seja devido ao N contido somente na urina, apesar de ser bem conhecido que as emissões de N_2O aumentam com a adição de N disponível no solo (SEHY et al., 2003; SKIBA E SMITH, 2000). Isto pode estar relacionado as altas taxas de emissão verificada nos tratamentos UCC e USC em relação aos testemunhas (TCC e TSC).

4.2.3.5 Fator de emissão de N₂O proveniente da urina

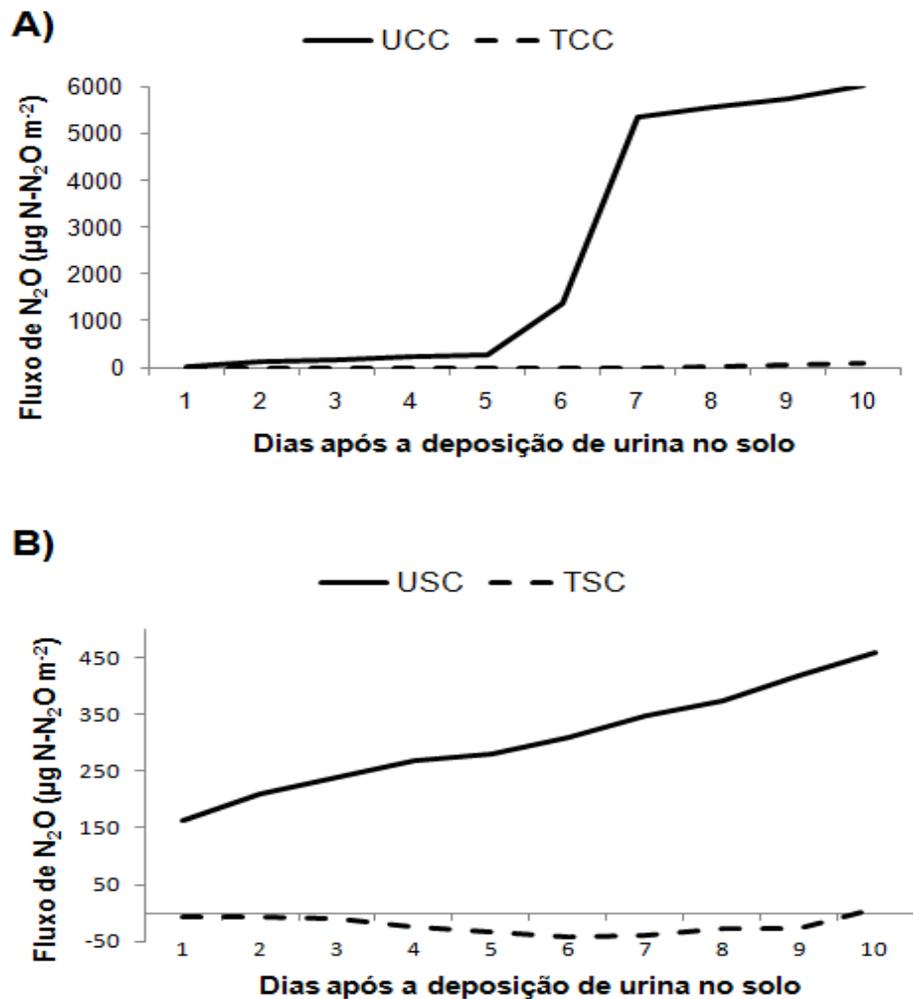
As emissões líquidas de N₂O relacionadas na Tabela 24 foram calculadas subtraindo os fluxos acumulados quantificados nos testemunhas (TCC e TSC) do fluxo acumulado dos tratamentos (UCC e USC). Para determinação do fluxo líquido de N₂O foram utilizados os valores de referência determinados no trabalho de Matthews et al. (1996), que está de acordo com os valores propostos em outros trabalhos (AUERSWALD et al., 2009; RODRIGUES et al., 2008; KOZLOSKI et al., 2006; BRAZ et al., 2002; WHITE et al., 2001; MINER et al., 1995; DAY et al., 1990). Tem-se as seguintes especificações definidas: um bovino adulto urina, em média de 8 a 12 vezes vezes por dia. Cada evento produz 1,6 a 2,2 L de urina cobrindo área de 0,28 m². Considerando ainda que o teor de N determinado na urina dos animais mantidos em pastagem na NVD foi de 7,2 g N L⁻¹, foi obtida a quantidade de N excretada igual a 52 kg de N por animal por ano.

Tabela 24 – Fluxo líquido de óxido nitroso para solo com adição de urina de bovinos em 10 dias. Ariquemes, RO. 2009

Tratamentos	Fluxo de N ₂ O	
	mg N-N ₂ O m ⁻²	kg N-N ₂ O m ⁻² kg N aplicado ⁻¹
UCC	140,9 a	0,08 a
USC	8,6 b	0,01 b

UCC: Urina área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Quando comparados os fluxos acumulados nos tratamentos com os testemunhas verifica-se que as emissões nos tratamentos foram expressivas como pode ser visualizado na Figura 24.



UCC: Urina área com cobertura; TCC: Testemunha área com cobertura; USC: Urina área sem cobertura; TSC: Testemunha sem cobertura.

Figura 24 – Fluxo de óxido nitroso no solo com adição de urina de bovinos nas áreas (A) com cobertura e (B) sem cobertura. Ariquemes, RO. 2009

De maneira semelhante ao descrito nas fezes, o objetivo inicial do trabalho foi quantificar as emissões de N_2O em duas estações do ano: seca e úmida, sendo a estação seca simulada com a cobertura construída na área em virtude do ano atípico quanto ao regime de chuvas. Porém, o solo na área coberta permaneceu úmido por mais tempo após a ocorrência de chuvas intensas (no dia 7) e os resultados encontrados não condizem com a proposta inicial.

Para determinação do fator de emissão foi calculada a média dos fluxos encontrados nos tratamentos UCC e USC, sendo o resultado igual a $0,05 \text{ kg N-N}_2\text{O kg N aplicado}^{-1}$.

O valor encontrado neste trabalho é maior que o proposto pelo IPCC e utilizado pelo MCT no desenvolvimento do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa é de $0,02 \text{ kg N-N}_2\text{O kg N aplicado}^{-1}$ (IPCC, 2007; LIMA et al., 2006b).

Existem muitas dúvidas relacionadas à quantificação de N_2O produzido nos solos sob pastagem ou proveniente de dejetos animais em solos sob pastagem. A produção de N_2O nos solos por si só apresenta alta variabilidade espacial e temporal e dessa forma para que os resultados apresentem confiabilidade são requeridos alto número de repetições numa mesma área, comparações entre diferentes áreas e coletas do gás ao longo do dia e durante vários dias.

Neste trabalho as coletas foram realizadas por 10 dias, pois aparentava ser um período suficiente. Porém, os resultados indicam que 10 dias foi um período curto para a quantificação das emissões de N_2O nos solos da NVD. As amostras de gases coletadas neste experimento ficaram armazenadas por um longo período antes de serem analisadas, devido aos problemas técnicos ocorridos no cromatógrafo durante a análise das amostras. O período máximo de armazenamento sugerido é de 1 a 2 semanas, as amostras deste experimento permaneceram armazenadas 4 semanas, aproximadamente. O erro associado ao período de armazenamento somado à variabilidade da produção do gás pode ter interferido significativamente nos resultados. Dessa forma, os fatores de emissão propostos representam resultados parciais e devem ser utilizados com cautela. Os resultados referentes às emissões de N_2O encontrados neste trabalho são apropriados para servirem como base para pesquisas futuras. A metodologia utilizada apresenta-se adequada desde que as amostras do gás sejam analisadas logo após a coleta. Um número maior de repetições é sugerido, assim como coletas ao longo do dia e por um período mais longo.

4.3 Balanço das emissões de gases de efeito estufa na pecuária

Devido aos problemas metodológicos, a quantificação das emissões de GEE provenientes dos dejetos animais em sistema de semi-confinamento não gerou resultados confiáveis. Dessa forma, não foi possível incluir as emissões deste sistema no cálculo das emissões líquidas da NVD. Além disso, uma vez que a NVD não realiza aplicações de fertilizantes nitrogenados e calcário nas suas áreas de pastagem (como se imaginava no momento do desenvolvimento do plano inicial deste trabalho) as emissões de CO₂ são principalmente provenientes da área do confinamento, devido a queima de combustíveis fósseis no transporte e fornecimento da alimentação aos animais. Na NVD onde o sistema de produção é somente a pasto, as emissões de CO₂ referentes à queima de combustíveis fósseis tornam-se irrelevantes, quando comparadas às emissões provenientes dos animais. Por isso, as emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis na propriedade foram desconsideradas do cálculo.

O cálculo das emissões foi baseado em dados fornecidos pela NVD para o ano de 2009. Considerou-se no cálculo 17.000 cabeças de machos adultos, manejados em 14.000 ha de pastagens (taxa de lotação 1,2 UA ha⁻¹, aproximadamente). Os fatores de emissão utilizados foram os desenvolvidos neste trabalho. Considerou-se ainda que os machos são abatidos com 4 anos de vida, em média.

Para o cálculo das emissões de CH₄ provenientes da fermentação entérica foi utilizando o fator de emissão proposto no Inventário Brasileiro para bovinos machos adultos na Região Norte, igual a 62 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹. Para as emissões de CH₄ provenientes das fezes depositadas em solo sob pastagem, foi utilizado o fator determinado nesta pesquisa igual a 0,6 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹. Para as emissões de N₂O provenientes da deposição de urina nos solos sob pastagem foi utilizado o fator igual a 0,05 kg N-N₂O kg N aplicado⁻¹. Foi determinando ainda neste trabalho que os animais da NVD excretam 52 kg N ano⁻¹ na urina.

Os cálculos das emissões foram realizados utilizando-se as equações descritas no item 3.2.4. Os valores obtidos para as emissões de CH₄ e N₂O estão apresentados

na Tabela 25. Os valores em C-equivalente encontrados para cada fonte de emissão estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 25 – Emissões de metano e óxido nitroso por fonte de emissão da Agropecuária Nova Vida. Ariquemes, RO

Fonte	Fluxo de emissão	
	2009	Em 4 anos
	-----Mg CH ₄ -----	
Fezes depositadas no solo	10,2	40,8
Fermentação enteric	1054	4216
	-----Mg N ₂ O-----	
Urina depositada no solo	44,2	176,8

Tabela 26 – Emissões em C equivalente por fonte de emissão da Agropecuária Nova Vida para o ano de 2009. Ariquemes, RO

Fonte	Fluxo emissão C-equivalente	
	Gg C	%
Fezes depositadas no solo	0,1	0,6
Urina depositadas no solo	9,0	61,2
Fermentação enteric	5,6	38,2
TOTAL	14,7	100

Observa-se que em termos de quantidade de gás emitido (CH₄ ou N₂O) a fermentação entérica é responsável por uma quantidade muito alta de CH₄ produzido (Tabela 25). Entretanto, quando a conversão em C-equivalente é realizada, a urina depositada no solo mostra-se responsável por quase 38% da emissões totais (Tabela 26). Esta variação ocorre devido ao alto potencial de aquecimento global do N₂O, igual a 296, em relação ao potencial do CH₄, igual a 23.

Para determinação das emissões líquidas em C-equivalente, a taxa média de acúmulo de C nos solos sob pastagem foi deduzida do valor total de emissão encontrado. Esta taxa foi obtida com base em trabalho previamente desenvolvidos por Neill et al. (1997) nas áreas da NVD, como apresentado na Tabela 1 (item 3.2.1). Entretanto, os dados são de 1997 e acredita-se que atualmente a taxa de acúmulo seja diferenciada. Para adequação deste valor às condições atuais, a taxa média de acúmulo foi obtida com base somente em pastagens com mais de 13 anos de idade.

Portanto a taxa média de acúmulo de C nos solos sob pastagem considerada foi igual a $0,55 \text{ Mg C ha}^{-1}$ para o ano de 2009. Assim, foi encontrado uma taxa média de acúmulo de C nas pastagens da propriedade de $9.350 \text{ Mg C ano}^{-1}$.

O fluxo total de emissão em C-equivalente encontrado para a NVD foi de $14.700 \text{ Mg C-equivalente}$ para o ano de 2009. Baseado nos dados acima e na Equação 8 determinou-se o fluxo líquido de emissão da NVD para o ano de 2009 igual a $5.350 \text{ Mg C-equivalente}$. Apesar, das taxas de acúmulo de C nos solos sob as pastagens da propriedade serem altas verificou-se que o balanço de emissões de GEE ainda é positivo. Ou seja, os animais da NVD emitem mais GEE do que as pastagens sequestram atualmente. Entretanto, a NVD mantém áreas de floresta nativa, áreas de preservação permanente e matas ciliares. Se o sequestro de C dessas áreas fosse contabilizado no cálculo, as emissões poderiam ser nulas ou negativas, indicando que as taxas de sequestros seriam maiores que as taxas de emissão. Futuras pesquisas podem utilizar este trabalho como base para determinação das emissões líquidas na propriedade incluindo as áreas de floresta.

5 CONCLUSÕES

A metodologia para quantificação das emissões de CH₄ em fezes de bovinos se mostrou adequada, porém a coleta do gás deve ser iniciada logo após a excreção das fezes. Os problemas operacionais ocorridos na coleta, armazenamento e transporte das fezes dos animais mantidos em semi-confinamento não permitiram a geração dos fatores de emissão para CH₄ e N₂O deste sistema de manejo. Dessa forma, não se pode concluir a respeito da interferência da dieta na produção de gases nas fezes e urina de bovinos neste trabalho. Futuras pesquisas podem utilizar estes resultados como base para geração de resultados confiáveis. Sugere-se ainda que seja realizada a quantificação dos gases no local do confinamento, pois o pisoteio animal e o acúmulo de dejetos no piquete pode gerar emissões diferenciadas.

As emissões de CH₄ em fezes estão altamente relacionadas com a umidade das fezes. Em condições climáticas onde a umidade diminui rapidamente a produção CH₄ de cessa em poucos dias. Em condições onde as fezes permanecem úmidas por mais tempo, as emissões de CH₄ são prolongadas. A umidade favorece formação de condição de anaerobiose nas fezes, que juntamente com a alta temperatura promovem desenvolvimento de metanogênicos aumentando a produção de CH₄. O fator de emissão de CH₄ provenientes das fezes de bovinos (0,05 kg C-CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹) encontrado neste trabalho representam um resultado parcial e deve ser utilizado com cautela.

A produção de N₂O nos solo é altamente variável e requer estudos aprofundados para que sejam gerados resultados confiáveis. A metodologia utilizada neste trabalho para quantificação de N₂O proveniente da deposição de urina de bovinos em solo sob pastagem apresenta algumas fragilidades, tais como: curto período de coleta, coleta uma vez ao dia, longo período de armazenamento das amostra de gás e número de repetições limitado. Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas utilizando este trabalho como base e adaptando a metodologia para que os erros associados aos resultados sejam diminuídos e o perfil de emissões de N₂O provenientes da urina de bovinos melhor entendido.

REFERÊNCIAS

ANGER, M.; HOFFMAN, C.; KUHBAUCH, W. Nitrous oxide emissions from artificial urine patches applied to different N-fertilized swards and estimated annual N₂O emissions for differently fertilized pastures in an upland location in Germany. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 19, p. 104–111. 2003.

AUERSWALD, K.; MAYER, F.; SCHNYDER, H. Coupling of spatial and temporal pattern of cattle excreta patches on a low intensity pasture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, DOI 10.1007/s10705-009-9321-4. 2009.

AULAKH, M. S.; DORAN, J. W.; WALTERS, D. J.; MOSIER, A. R. FRANCIS, D. D. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, p. 1020-1025. 1991.

BALL, B. C.; PARKER, J. P.; SCOTT, A. Soil and residue management effects on cropping conditions and nitrous oxide fluxes under controlled traffic in Scotland; Nitrous oxide, soil N status and weather. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.52, p. 191–201. 1999.

BASTOS T. X.; DINIZ T. D. A. S. Avaliação de clima do estado de Rondônia para desenvolvimento agrícola. **Boletim de pesquisa**, n^o4, Embrapa- CPATU, Belém, 28p. 1982.

BHANDRAL, R.; SAGGAR, S.; SOLAN, N. S. ; HEDLEY, M. J. ; Nitrous oxide fluxes in soil as influenced by compaction. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Parkes Place, v. 65, p. 265-271. 2003.

BRAZ, S.P.; NASCIMENTO Jr, D.; CANTARUTTI, R.B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *brachiaria decumbens* na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 858-865, 2002.

BOADI, D.; BENCHAAAR, C.; CHIQUETTE, J. MASSE, D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, p. 319-335, 2004.

BODELIER, P. L. E.; LAANBROEK, H. J. Nitrogen as a regulatory factor of methane oxidation in soils and sediments. **Microbiology Ecology**, New York, v. 47, p. 267-277. 2004.

BURFORD, J.L. Jr; VARANI, F.T. Energy potential trough bio-conversion of agricultural wastes. **Final Report to Four Corners Regional Commission**, 1976.

CARRAN, R. A.; THEOBALD, P. W.; EVANS, J. P. Emission of nitrous oxide from some grazed pasture soils in New Zealand. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 33, p. 341–352. 1995.

CARTER, M. S. Contribution of nitrification and denitrification to N₂O emissions from urine patches. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 2091-2102, 2007.

CARVALHO, J.L.N. **Dinâmica do carbon e fluxo de gases do efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**, 2010. 143p. Tese de (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CERRI, C.C.; BERNOUX, 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, p. 248-254. 2004.

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**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CHADWICK, D.R.; PAIN, B.F.; BROOKMANN, S.K.E. Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manure to grassland. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, p. 277-287, 2000.

CHIANESE, D. S.; ROTZ, C. A.; RICHARD, T. L. Simulation of nitrous oxide emissions from dairy farms to assess greenhouse gas reduction strategies. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Saint Joseph, v. 52, p. 1325-1335, 2009.

CLAYTON, H. ARAH, J. R. M.; SMITH, K. A. Measurement of nitrous oxide emissions from fertilized grassland using closed chambers. **Journal of Geophysical Research** Washington, v. 99, p. 16599–16607. 1994.

COSTA, F. S.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C. Emissões de gases de efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. Eds. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**, 2.ed., Metrópole. 654p, 2008.

DALAL, R. A.; 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**, Collingwood, v. 41, p. 165-195. 2003.

DAY, T.A.; DETLING, J.K. Grassland patch dynamics and herbivore grazing preference following urine deposition. **Ecology**, Oxford, v.71, p. 180-188. 1990.

de KLEIN, C. A. M.; BARTON, L.; SHERLOCK, R. R.; LI, Z.; LITTLEJOHN R. P. Estimating a nitrous oxide emission factor for animal urine from some New Zealand pastoral soils. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 41, p. 381-399, 2003.

de KLEIN, C. A. M.; ECKARD, R. J. Targeted Technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 48, p. 14-20, 2008.

De KLEIN, C. A. M.; VAN LOGTESTIJN, R. S. P. Denitrification and N₂O emission from urine-affected grassland soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 163, p. 235-242. 1994.

DESJARDINS R. L.; RIZNEK R. Agricultural greenhouse gas budget. **Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project**, p. 133–142, 2000.

DREWRY, J. J.; PATON, R. J.; MONAGHAN, R. M. Soil compaction and recovery cycle on a Southland dairy farm: implications for soil monitoring. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 42, p. 851-856, 2004.

DOE/EIA. Department of Energy, Energy Information Administration. **Emissions of Greenhouse Gases Report**, DOE/EIA-0573. 2006.

DOUGLAS, J. T.; CRAWFORD, C. E. The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. **Grass and Forage Science**, New York, v.48, p. 91– 100. 1993.

FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. pp. 231-249 In: R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart (eds.) **Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Advances in Soil Science**. CRC Press, Boca Raton, Florida. 438 pp. 2000.

FLESSA, H.; BEESE, F. Laboratory estimates of trace gas emissions following surface application and injection of cattle slurry. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, p. 262-268, 2000.

FLESSA, H.; DORSCH, P.; BEESE, F.; KONIG, H.; BOUWMAN, A.F. Influence of cattle waste on nitrous oxide and methane fluxes in pasture land. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, p. 1366-1370, 1996.

FOLEY J.A., DEFRIES R., ASNER G.P., BARFORD C., BONAN G., CARPENTER S.R., CHAPIN F.S., COE M.T., DAILY G., GIBBS H.K., HELKOWSKI J.H., HOLLOWAY T., HOWARD E.A., KUCHARIK C.J., MONFREDA C., PATZ J.A., PRENTICE I.C., RAMANKUTTY N., SNYDER P.K. Global Consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, p. 570-574, 2005.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Uso de dejetos de animais em sistemas agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. Eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Ed. Genesis, 216p., 2006.

GONZÁLEZ-AVALOS, E.; RUIZ-SUÁREZ, L. G. Methane emission factors from cattle manure in Mexico. **Bioresource Technology**, New York, v. 80, p. 63-71, 2001.

GUPTA, P. K.; JHA, A. K.; KOUL, S.; SHARMA, P. PRADHAN, V.; GUPTA, V.; SHARMA, C.; SINGH, N. Methane and nitrous oxide emissions from bovine manure management practices in India. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 146, p. 219-224, 2007.

HANSEN, S.; MAEHLUM, J. E.; BAKKEN, L. R. N₂O and CH₄ fluxes in soil influenced by fertilization and tractor traffic. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 621-630. 1993.

HINDRICHSEN, I. K.; WETTSTEIN, H.-R.; MACHMULLER, A.; KREUZER, M. Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 113, p. 150-161, 2006.

HOLTER, P. Methane emissions from Danish cattle dung pats in the field. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 31-37, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário de 2006: Resultados Preliminares**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 26 Agosto de 2008.

_____. **Sistema IBGE de recuperação automática–SIDRA**. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 19 de fevereiro de 2009.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Bracknell, UK. 1997.

JARVIS, S.C.; LOVELL, R.D.; PANAYIDES, R. Patterns of methane emissions from excreta of grazing cattle. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1581-1588, 1995.

JICONG, H.; YANHUA, X.; FENGDE, W.; RENJIE, D. Greenhouse Gas Emission form Livestock Waste: China Evaluation. **International Congress Series**, New York, v. 1203, p. 29-32, 2006.

JIN, T.; SHIMIZU, M.; MARUTANI, S.; DESYATKIN, A. R. ; IIZUKA, N. ; HATA, H.; HATANO, R. Effect of chemical fertilizer and manure application on N₂O emission from reed canary grassland in Hokkaido, Japan. **Soil Science and Plant Nutrition**, New York, v. 56, p. 53-65. 2010.

KERR, R.A. How hot will the greenhouse world be? **Science**, Washington, v. 309, p. 100. 2005.

KNORR W.; PRENTICE I.C.; HOUSE J.I.; HOLLAND E.A. Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming. **Nature**, Londres, v.433, p. 298-301, 2005.

KOZLOSKI, G.V.; NETTO, D.P. ; OLIVEIRA, L. MAIXNER, A.R.; MACCARI, D. T. L. M.; BRONDANI, I. L.; SANCHEZ, L. M. B.; QUADROS, F. L. F. Uso de óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 599-603, 2006.

KREUZER, M.; HINDRISCHSEN, I. K. Methane mitigation in ruminants by dietary means: The role of their methane emission from manure. **International Congress Series**, v.1293, p. 199-208, 2006.

KOOPS, J. G.; VAN BEUSICHEM, M. L.; OENEMA, O. Nitrous oxide production, its source and distribution in urine patches on grassland on peat soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 191, p. 57-65. 1997.

KULLING, D. R.; DOHME, F.; MENZI, H.; SUTTER, F.; LISCHER, P.; KREUZER, M. Methane emissions of differently fed dairy cows and corresponding methane and nitrogen emissions from their manure during storage. **Environmental Monitoring and Assessment**, Heidelberg, v. 79, p. 129-150, 2002.

KULLING, D. R.; DOHME, F.; MENZI, H.; SUTTER, F.; LISCHER, P.; KREUZER, M. Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 65, p. 13-22, 2003.

LAL, R.. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Londres, v. 22, p.151-184. 2003.

LIMA M. A.; PESSOA M. C. P. Y.; LIGO M. A. V. **Emissões de metano na pecuária**. Relatórios de Referência, Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Ministério da Ciência e tecnologia, Embrapa. 76 pp. 2006a.

LIMA, M. A.; LUIZ, A. J. B.; VIEIRA, R. F.; PESSOA, M. C. P. Y.; NEVES, M. C. **Emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas**. Relatórios de Referência, Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Ministério da Ciência e tecnologia, Embrapa. 127pp. 2006b.

LODMAN, D.W.; BRANINE, M.E.; CARMEAN, B.R.; ZIMMERMAN, P.; WARD, G.M.; JOHNSON, D.E. Estimates of methane emissions from manure of U.S. cattle. **Chemosphere**, Oxford, v. 26, p. 189-199, 1993.

LOYON, L.; GUIZIOU, F.; SAINT CAST, P. Impact of manure management of different livestock on gaseous emissions: laboratory study. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 128-131. 2008.

LUO, J.; TILLMAN, R. W.; BALL, P. R. Factors regulating denitrification in a soil under pasture. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 31, p. 913-927. 1999.

MACEDO, M. C. M. A integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; 2000. p. 90-104.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial, 1ª ed. Brasília, 2003. 100p.

MASSE, D. I.; CROTEAU, F.; PATNI, N. K. ; MASSE, L. Methane emissions from dairy cow and swine manure slurries stored at 10°C and 15°C. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 45, p. 61-66, 2003.

MATHEWS, B.W.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: JOOST, R. E.; ROBERTS, C.A. **Nutrient Cycling In Forage Systems**. Columbia, p. 213-229, 1996.

MISSELBROOK, T. H.; BROOKMAN, S. K. E.; SMITH, K. A.; CUMBY, T.; WILLIAMS, A. G.; McCORRY, D. F. Crusting of stored dairy slurry to abate ammonia emissions: pilot-scale studies. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 34, p. 411-419. 2005.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. 2004.

MINER, J. R.; BUCKHOUSE, J. C.; MOORE, J. A. Will a water trough reduce the amount of time hay-fed livestock spend in the stream (and therefore improve water quality)? Davis: **California Rangelands Research and Information Center – Agronomy and Range Science**, 1995.

MENDONÇA, I. F. C. **Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do riacho una, Sapé-PB**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de engenharia agrícola. Tese de doutorado. São Paulo: 2005.172p.

MONTENY, G.-J.; BANNINK, A.; CHADWICK, D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 112, p. 163-170, 2006.

MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; BERNOX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 70, p. 63-81, 1996.

MORAES, J.F.L.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.M.; KICKLIGHTER, D.; NEILL, C.; SKOLE, D.L.; STEUDLER, P.A. Soil carbon stocks of the Brazilian Amazon basin. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, p. 244-247, 1995.

MOSIER, A.R.; SCHIMEL, D.; VALENTINE, D.; BRONSON, K.; PARTON, W. Methane and nitrous oxide fertilized and cultivated grasslands. **Nature**, Londres, v. 350, p. 330-332, 1991.

NAETH, M. A.; PLUTH, D. J.; CHANASYK, D. S.; BAILEY, D.S.; FEDKENHEUER, A. W. Soil compaction impacts of grazing in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 70, p. 157-167. 1990.

NEILL, C.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.M.; FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; MORAES, J. F.L.; PICCOLO, M.C. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. **Soil Processes and the Carbon Cycle**. Florida: CRC Press, 1997. p. 9-28.

NOVAK, S. M.; FIORELLI, J. L. Greenhouse gases and ammonia emissions from organic mixed crop-dairy systems: a critical review of mitigation options. **Agronomy for Sustainable Development**, Dijon, v. 30, p. 215-223, 2010.

NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS (NAE). **Mudança do Clima: Negociações internacionais, vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**, v.1, nº 3, Brasília, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.

OENEMA, O.; WRAGE, N.; VELTHOF, G. L.; VAN GROENIGEN, J. W.; DOLFING, J.; KUIKMAN, P. J. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 72, p. 51-65, 2005

PEREIRA, J.; FANGUEIRO, D.; CHADWICK, D. R.; MISSELBROOK, T. H.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H. Effect of cattle slurry pre-treatment by separation and addition of nitrification inhibitors on gaseous emissions and N dynamics: a laboratory study. **Chemosphere**, Oxford, v. 79, p. 620-627, 2010.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; BARBOSA, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.3, p. 277-283. 2004.

REAY, D. S.; HEWITT, C. N.; SMITH, K. A.; GRACE, J. **Greenhouse Gas Sink**. CAB International. 306p., 2007.

RUZ-JEREZ, B. E. ; WHITE, R. E.; BALL, P. R. Long-term measurement of denitrification in 3 contrasting pastures grazed by sheep. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, p. 29-39. 1994.

RODRIGUES, A.M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N.M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G.T.; BARBERO, L.M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n.6, p. 990-997, 2008.

SAGGAR, S.; HEDLEY, C.B.; TATE, K.R. Methane sources and sinks in New Zealand grazed pastures. **New Zealand Soil News**, Christchurch, v. 51, p. 6-7, 2003.

SAGGAR, S.; BOLAN, N. S.; BHANDRAL, R.; HEDLEY, C. B.; LUO, J. A review of emissions of methane, ammonia, and nitrous oxide from animal excreta deposition and farm effluent application in grazed pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 47, p. 513-544. 2004a.

SAGGAR, S.; ANDREW, R. M.; TATE, K. R.; HEDLEY, C. B.; RODDA, N.; TOWNSEND, J. A. Modelling nitrous oxide emissions from New Zealand dairy grazed pastures. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 68, p. 243-255. 2004b.

SAS. Statistical Analysis System. **SAS Institute, Inc.** Raleigh, North Carolina, 1987.

SEHY, U.; RUSER, R.; MUNCH, J.C. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 99, p. 97– 111. 2003.

SHERLOCK, R.R.; de KLEIN, C.A.M.; LI, Z.; **Determination of N₂O and CH₄ emission factors from animal excreta, following a summer application in 3 regions of New Zealand**. 2003. 27p. (A final report of an NzOnet study prepared for Ministry of Agriculture and Forestry)

SIDIROPOULOS, C.; TSILINGIRIDIS, G. Trends of livestock-related NH₃, CH₄, N₂O and PM emissions in Greece. **Water, Air and Soil Pollution**, Heidelberg, v. 199, p. 277-289, 2009.

SIX, J., OGLE, S.M., BREIDT, F.J., CONANT, R.T., MOSIER, A.R., PAUSTIAN, K. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, p. 155-160. 2004.

SKIBA, U.; SMITH, K. A. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. **Chemosphere Global Change Science**, Oxford, v. 2, p. 379–386. 2000.

SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T.; BLANFORT, V. Mitigation the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal Journal**, Clermont-Theix, v. 4, p. 334-350, 2010.

STALEY, T. E.; CASKEY, W. H.; BOYER, D. G.; Soil denitrification and nitrification potentials during the growing season relative to tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, p. 1602-1608. 1990.

STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M.; FEIGL, B.J.; NEILL, C.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C. C. Consequence of forest-to-pasture conversion on CH₄ fluxes in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 101, p. 547-554, 1996.

SUN, H.; TRABUE, S.L.; SCOGGIN, K.; JACKSON, W. A.; PAN, Y.; ZHAO, Y.; MALKINA, I. L.; KOZIEL, J. A.; MITLOEHNER, F. M.. Alcohol, volatile fatty acid, phenol and methane emissions from dairy cows and fresh manure. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, p. 615-622, 2008.

TOLLNER, E. W.; CLAVERT, G. V. ; LANGDALE, G. Animal trampling effects on soil physical properties of southeastern U.S. ultisols. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 33, p. 75-87. 1990.

VAN GROENINGEN, J.W.; KUIKMAN, P. J.; de GROOT, W. J. M.; VELTHOF, F. L. Nitrous oxide emission from urine-treated soil as influenced by urine composition and soil physical conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 37, p. 463-473. 2005.

VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F. ; PIKETTY, M. G.; CHAPUIS, R. P.; ALVES, A. M.; THALES, M. C. **Expansão e Trajetória da Pecuária na Amazônia: Pará, Brasil**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004. 162p.

VELTHOF, G. L.; KUIKMAN, P. J.; OENEMA, O. Nitrous oxide emission from animal manures applied to soil under controlled conditions. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p. 221–230. 2003.

WILLIAMS, D.J. Methane emissions from manure of free-range dairy cows. **Chemosphere**, Oxford, v. 26, p. 179-187, 1993.

WILLIAMS, D. L.; INESON, P.; COWARD, P. A. Temporal variations in nitrous oxide fluxes from urine-affected grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 779-788. 1999.

WHITE, S. L.; SHEFFIELD, R. E.; WASHBURN, S.P.; KING, L. D.; GREEN, J. T. Spatial and time distribution of dairy cattle excreta in an intensive pasture system. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, p. 2180–2187. 2001.

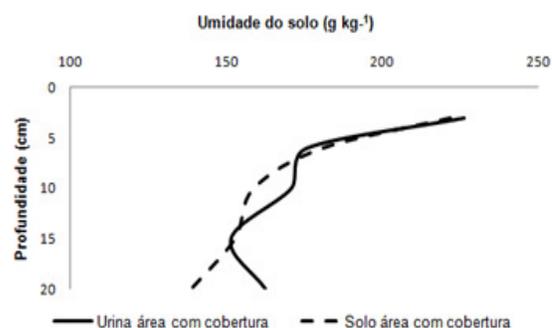
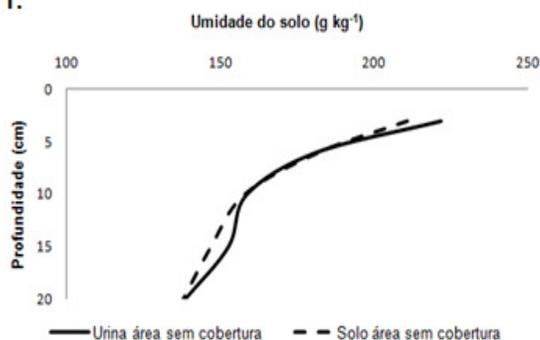
YAMULKI, S.; JARVIS, S. C.; OWEN, P. Methane emission and uptake from soils as influenced by excreta deposition from grazing animals. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, p. 676-682. 1999.

YAMULKI, S.; JARVIS, S. C.; Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.36, p. 224–231. 2002.

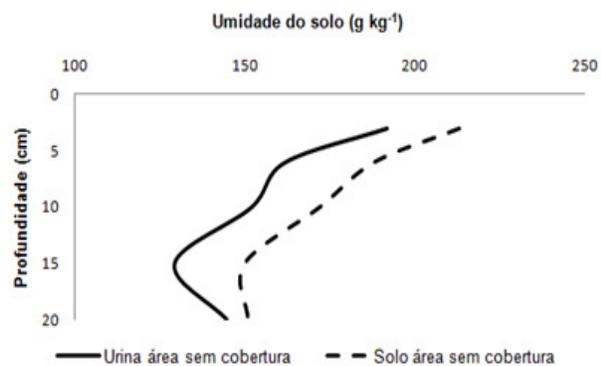
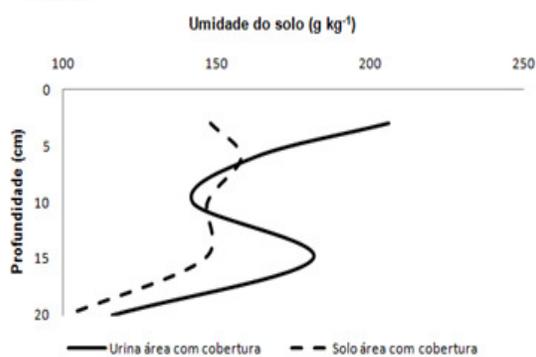
ANEXOS

ANEXO A - Umidade do solo (g kg^{-1}) nas profundidades 0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, após 24 horas (dia 1), 3, 6 e 10 dias da deposição de urina no solos sob pastagem nas áreas com e sem cobertura

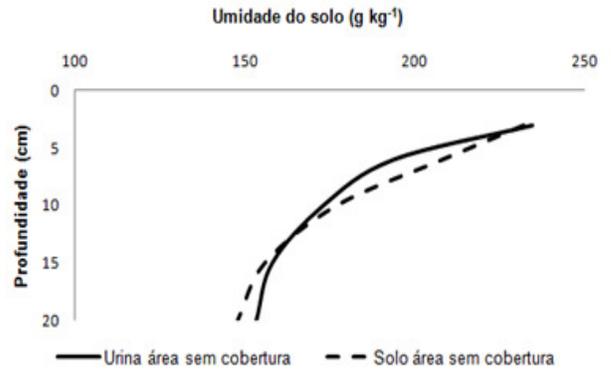
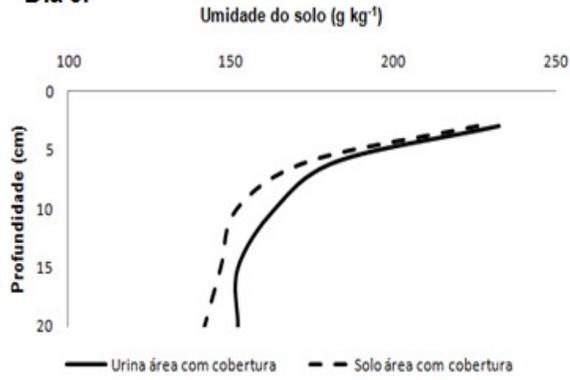
Dia 1.



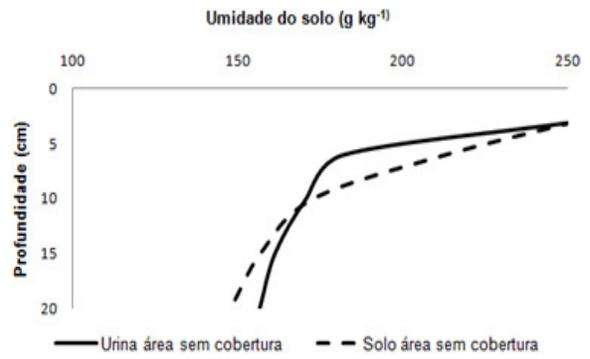
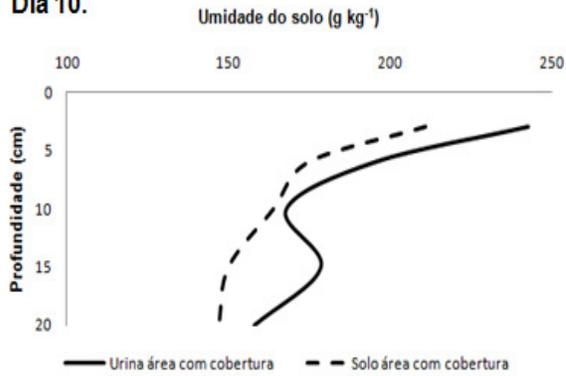
Dia 3.



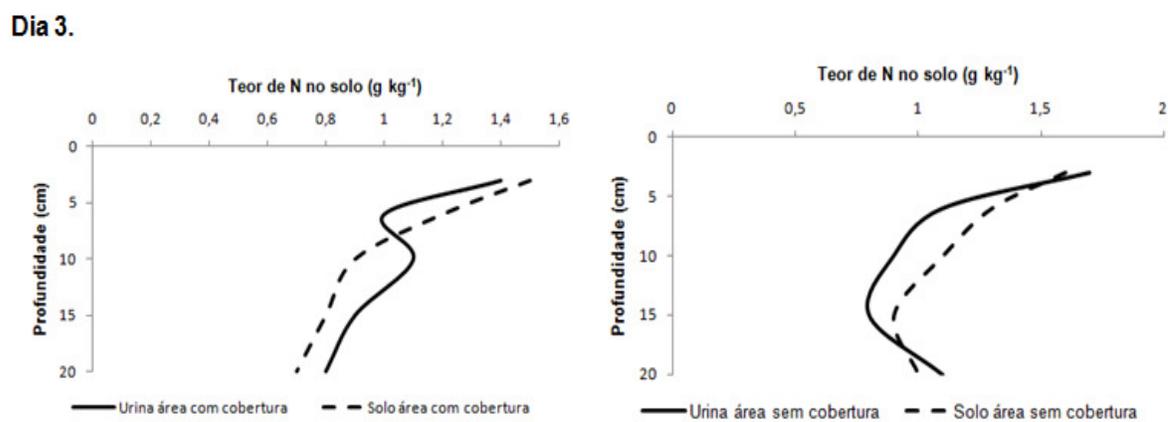
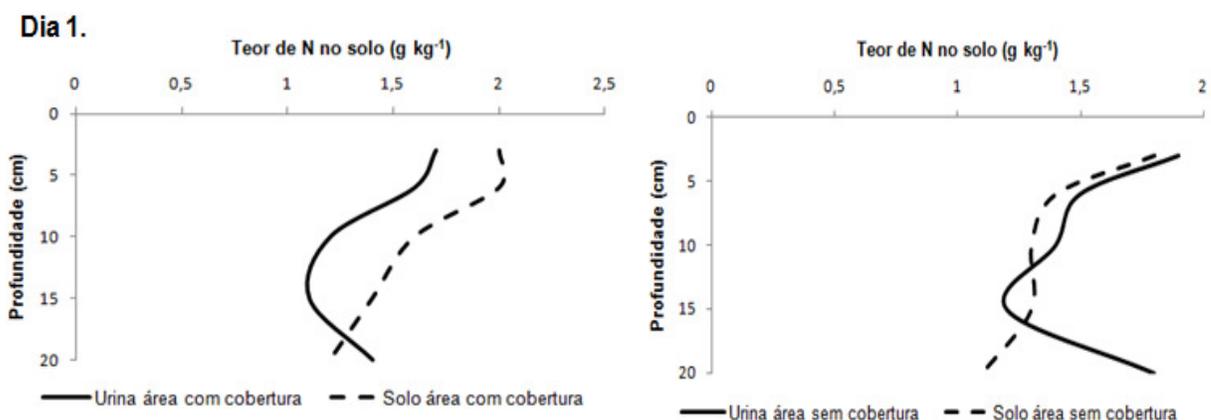
Dia 6.

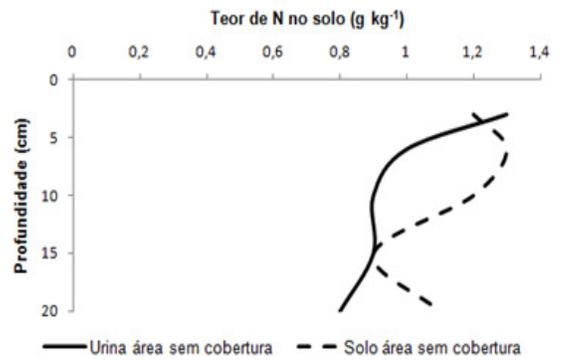
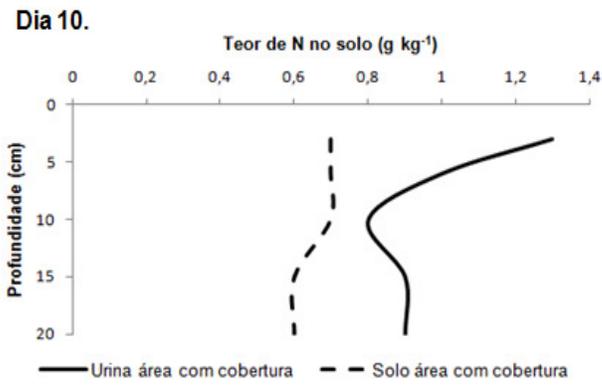
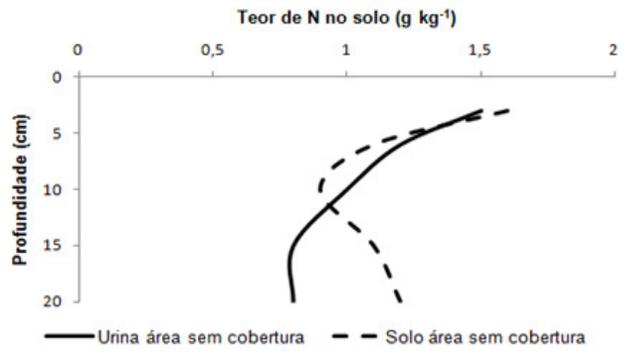
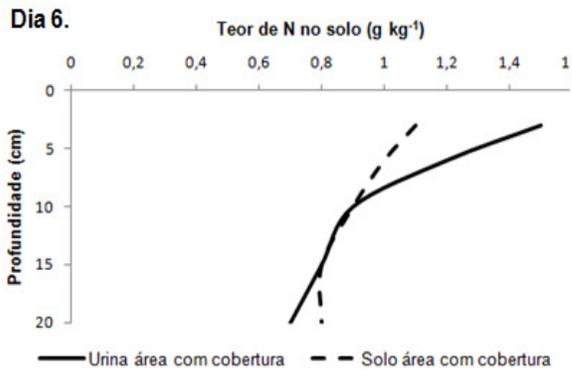


Dia 10.



ANEXO B - Teor de nitrogênio no solo (g kg^{-1}) nas profundidades 0-3 cm, 3-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, após 24 horas (dia 1), 3, 6 e 10 dias da deposição de urina no solos sob pastagem nas áreas com e sem cobertura





Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)