

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMA SILVIPASTORIL EM PASTEJO COM OVINOS

Fernando de Oliveira Alari

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

CÂMPUS DE JABOTICABAL

FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA IMPLANTAÇÃO DE
SISTEMA SILVIPASTORIL EM PASTEJO COM OVINOS

Fernando de Oliveira Alari

Orientador: Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros

Co-Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FERNANDO DE OLIVEIRA ALARI – nascido no dia 28 de março de 1987, na cidade de São Joaquim da Barra, SP, filho de Ivair José Alari e Ivanete Aparecida de Oliveira Alari. Iniciou o curso de graduação em 2005 na Universidade Estadual Paulista, UNESP – Câmpus de Ilha Solteira-SP. Sendo graduado no mês de janeiro de 2010 em Zootecnia. Ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, no mês de março de 2010, obtendo o título de mestre na mesma área em fevereiro de 2012. Foi admitido no curso de Doutorado em Zootecnia, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal-SP, com início em março de 2012.

“Senhor me dê força e confiança para mudar as coisas que podem ser mudadas, me dê paz e serenidade para aceitar as coisas que não podem ser mudadas, e me dê sabedoria e fé para saber a diferença entre elas” (São Francisco de Assis).

Dedico

Dedico aos meus pais e familiares e à minha namorada Daniella por sempre me darem forças nessa difícil caminhada, em busca de ética e respeito na pesquisa.

Agradecimento

Aos meus familiares que de alguma forma me ajudaram em minha caminhada.

Aos meus pais, Ivair e Ivanete, e irmãos, Bruno e Gabriel, por me amarem e me fazerem felizes em todos os momentos.

A minha namorada Daniella pela compreensão e amor em todos os momentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros pela confiança em mim depositada e por acreditar no meu potencial.

A minha co-orientadora Prof. Dra Ana Cláudia Ruggieri, pela contribuição científica e dedicação para comigo.

Aos Professores Dr. Ricardo Andrade Reis, Professor Dr. Newton e Professor Dr. Peter Kemp por toda contribuição nesta caminhada científica.

Aos meus parceiros e companheiros Nomaici, Thiago, Love, Rinite, Dagaita, Estella, Elisamara, Liziane, Eliane, Abmael, Porcelana e Paola, pela amizade e companheirismo durante as atividades de trabalho e fora delas.

Aos meus amigos irmãos Marco (Chileno) e Mauricio (Tampinha), pela amizade e companheirismo.

Aos meus parceiros Leandro, Wilton, Gregory e João Paulo.

Aos meus companheiros e funcionários do setor de Forragicultura José, Turquinho e Silas, e a todos os outros que em algum momento contribuíram com sua amizade.

A Faculdade de Ciências Agrárias Veterinárias/UNESP-Jaboticabal.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia e Ciências Exatas.

Ao CNPq, por financiar meu projeto de pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa de doutorado, e concessão da Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior.

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
CAPÍTULO 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. RESUMO.....	1
2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	2
3. HIPÓTESE GERAL.....	4
4. OBJETIVO GERAL.....	4
5. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	5
5.1. OVINOCULTURA NO BRASIL E NO MUNDO.....	5
5.2. SISTEMA SILVIPASTORIL.....	5
5.3. INFLUÊNCIA DA LUZ NO CRESCIMENTO DA PLANTA FORRAGEIRA.....	7
5.4. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GASES DE EFEITO ESTUFA.....	10
5.5. PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA.....	11
5.5.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	11
5.5.2. ÓXIDO NITROSO (N ₂ O).....	10
5.5.3. METANO (CH ₄).....	13
5.6. FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMA SILVIPASTORIL.....	14
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	17
CAPITULO 2: FLUXO DE METANO E ÓXIDO NITROSO DO SOLO EM IMPLANTAÇÃO DE SILTEMA SILVIPASTORIL COM PASTEJO DE OVINOS.....	26

1. RESUMO.....	26
2. INTRODUÇÃO.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	29
3.2. FORMAÇÃO DA PASTAGEM DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	30
3.3. TRATOS CULTURAIS.....	31
3.4. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL.....	32
3.5. MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS.....	33
3.6. MEDIDAS DE FLUXO DE N ₂ O E METANO NO SOLO.....	34
3.7. TEMPERATURA E UMIDADE.....	37
3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	37
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4. RESULTADOS.....	38
4.1. FLUXOS DE N ₂ O DO SOLO.....	38
4.2. FLUXOS DE CH ₄ DO SOLO.....	44
5. DISCUSSÃO.....	49
6. CONCLUSÃO.....	53
7. REFERÊNCIAS.....	53
 CAPITULO 3: FLUXO DE CO ₂ DO SOLO EM IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA AGROSILPASTORIL COM PASTEJO DE OVINOS.....	 57
1. RESUMO.....	57
2. INTRODUÇÃO.....	58
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	60

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	60
3.2. FORMAÇÃO DA PASTAGEM.....	61
3.3. TRATOS CULTURAIS.....	62
3.4. EMISSÃO DE CO ₂ DO SOLO NO CONSÓCIO MILHO-CAPIM MASSAI.....	63
3.5. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL NO SISTEMA SILVIPASTORIL.....	64
3.6. MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS.....	65
3.7. EMISSÃO DE CO ₂ NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL.....	66
3.8. DELINIAMENTO EXPERIMENTAL.....	67
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	67
4. RESULTADOS.....	67
4.1. CONSORCIO MILHO E CAPIM-MASSAI.....	67
4.2. SILVIPASTORIL EM PASTEJO DE OVINOS.....	69
5. DISCUSSÃO.....	74
6. CONCLUSÃO.....	77
7. REFERÊNCIAS.....	77
CAPITULO 4: MUDANÇAS ESTRUTURAIS E BROMATOLÓGICAS E SUAS INTERAÇÕES NA EMISSÃO DE METANO RUMINAL, EM OVINOS EM EM INTRODUÇÃO SISTEMA SILVIPASTORIL.....	82
1. RESUMO.....	82
2. INTRODUÇÃO.....	83
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	86

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	86
3.2. FORMAÇÃO DA PASTAGEM.....	87
3.3. TRATOS CULTURAIS.....	88
3.4. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL.....	89
3.5. MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS.....	90
3.6. ALTURA, MASSA E COMPONENTES MORFOLÓGICOS DO CAPIM-MASSAI.....	91
3.7. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAPIM MASSAI.....	92
3.8. ESTIMATIVA DE CONSUMO DE FORRAGEM E DIGESTIBILIDADE.....	92
3.9. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE CH ₄ RUMINAL.....	94
3.10. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	95
3.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	95
4. RESULTADOS.....	96
4.1. ALTURA E COMPONENTES MORFOLÓGICOS DO CAPIM- MASSA.....	96
4.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAPIM-MASSAI.....	99
4.3. ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CH ₄ RUMINAL E CONSUMO DE MATÉRIA SECA.....	101
5. DISCUSSÃO.....	102
6. CONCLUSÃO.....	106
7. REFERÊNCIAS.....	107
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114

Lista de Tabelas

CAPITULO 2

Tabela 1. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.....	31
Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.....	32
Tabela 3. Níveis de significância associados às causas de variação para fluxo de N ₂ O do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas.....	38
Tabela 4 – Média do fluxo de N ₂ O do solo ($\mu\text{g de N}_2\text{O m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas, durante ciclos de pastejo sucessivos, em dois anos de avaliação.....	39
Tabela 5. Níveis de significância associados as causas de variação para fluxo de CH ₄ do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas.....	44
Tabela 6. Médias do fluxo de CH ₄ do solo ($\mu\text{g de CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, durante ciclos de pastejo sucessivos, em dois anos de avaliação	44

CAPITULO 3

Tabela 1. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.....	62
Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.....	63
Tabela 3. Níveis de significância associados as causas de variação para emissão de CO ₂ do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo.....	69
Tabela 4. Emissão de CO ₂ do solo ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, durante os períodos seco e chuvoso, em dois anos de avaliação	70

CAPITULO 4

Tabela 1. Temperatura, umidade e índice de temperatura em três	
--	--

arranjos arbóreos (sem árvores, espaçamento de 12 e 6 metros entre renques de árvores) em pastos de capim-massai em lotação intermitente	87
Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.....	88
Tabela 3. Análise química do solo, profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.....	89
Tabela 4 – Níveis de significância associados as de altura, massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos de avaliações.....	96
Tabela 5. Médias de Altura (cm), Massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) (Kg.ha^{-1}) no pré-pastejo do capim-massai em três tratamentos durante quatro ciclos de pastejo, em dois anos.....	97
Tabela 6. Médias de Massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) (Kg.ha^{-1}) no pós-pastejo do capim-massai em três tratamentos durante quatro ciclos de pastejo, em dois anos.....	98
Tabela 7. Resultado da análise de variância para da fibra indigestível em detergente neutro (FDN), fibra indigestível em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e proteína bruta (PB), expressos na matéria seca, das amostras colhidas pelo pastejo simulado de capim-massai manejado em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos de avaliações.....	99
Tabela 8. Médias de fibra indigestível em detergente neutro (FDN), fibra indigestível em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e proteína bruta (PB), corrigidos para matéria seca, do pastejo simulado de capim-massai manejado em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos de avaliações	100
Tabela 9. Médias de emissão de metano ruminal (g dia^{-1}), consumo	

de matéria seca (%) e digestibilidade da matéria seca (%) em três arranjos arbóreos, em pastos de capim-massai sob lotação intermitente em dois anos de avaliações.....	101
---	-----

Lista de Figuras

CAPITULO 2

Figura 1. Acumulado de precipitação pluviométrica e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de novembro de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP.....	30
Figura 2. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados.....	33
Figura 3. Câmara fechada utilizada na amostragem de CH ₄ e N ₂ O, base de aço e bandeja.....	35
Figura 4. Localização espacial das câmaras fechada nos piquetes.....	36
Figura 5. Fluxos de N ₂ O, temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).....	40
Figura 6. Fluxos de N ₂ O, temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no segundo ano de avaliação. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).....	41
Figura 7. Relação entre N ₂ O e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo nos dois nos anos experimentais (média dos arranjos por ciclo).....	42
Figura 8. Relação entre N ₂ O e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos nos diferentes sistemas estudados (SE, E1, E2 e SEPA).....	43

Figura 9. Fluxos de CH_4 , temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio)..... 45

Figura 10. Fluxos de CH_4 , temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio)..... 46

Figura 11. Relação entre CH_4 e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo nos dois anos experimentais (média dos arranjos por ciclo)..... 47

Figura 12. Relação entre CH_4 e temperatura ou umidade em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos nos diferentes sistemas estudados (SE, E1, E2 e SEPA)..... 48

CAPITULO 3

Figura 1. Acumulado de precipitação e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de abril de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP..... 61

Figura 2. Aparelho LI-COR (LI-8100)..... 64

Figura 3. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados..... 65

Figura 4. Emissão de CO_2 , temperatura e umidade do solo durante o

consórcio milho e capim-massai.....	68
Figura 5. Relação entre CO ₂ e temperatura ou umidade do solo no consórcio milho e capim massai.....	69
Figura 6. Emissão de CO ₂ do solo (A), temperatura (B) e umidade (C) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo. Tratamentos: silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE). Barras representam erro padrão da média para emissão de CO ₂ do solo.....	71
Figura 7. Relação entre emissão de CO ₂ e temperatura ou umidade do solo nos períodos chuvoso e seco dois nos anos experimentais (média dos arranjos arbóreos por coleta de CO ₂).....	72
Figura 8. Relação entre CO ₂ e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo (silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE) (média de coleta de CO ₂ para cada sistema avaliado).....	73
Figura 9. Relação entre CO ₂ e temperatura ou umidade do solo nos dois nos anos experimente ais (média dos sistemas de manejo avaliados por coleta de CO ₂).....	74

CAPITULO 4

Figura 1. Acumulado de precipitação pluviométrica e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de novembro de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP.....	90
Figura 2. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados.....	93

CAPITULO 1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. RESUMO

A emissão de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária tem provocado um aumento gradativo da temperatura terrestre, em vista disso o conhecimento de sistemas que mitiguem esses gases se mostra de vital importância. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o fluxo dos gases CO₂, N₂O e CH₄, em pastos de capim-massai (*Panicum maximum* cv Massai) com lotação intermitente de ovinos, em sistema silvipastoril. O experimento foi conduzido no setor de forragicultura, FCAV, UNESP Jaboticabal, SP, no período de outubro de 2012 a outubro de 2014. O trabalho avaliou diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em quatro tratamentos: silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE) e um quarto sistema sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação do capim massai (SEPA). Foram utilizados ovinos de 25 kg de peso médio, manejados sobre lotação intermitente. Como critério de entrada para os animais foi utilizado o critério de 95% de interceptação luminosa. O critério de saída foi de 15 cm de altura da planta forrageira, preconizando três dias de ocupação. Foram avaliadas a altura, massa seca de forragem (MT), componentes morfológicos da forragem (massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM)) e composição química do capim-massai (%FDA, %FDN, %lignina %proteína). Essas avaliações foram realizadas segundo um delineamento em blocos casualizados, com seis repetições, em esquema de medidas repetidas no tempo. Foram também avaliadas as estimativas de consumo de forragem, produção de CH₄ ruminal, produção de CH₄, N₂O e CO₂ no solo, sendo utilizado nessas avaliações um delineamento inteiramente casualizado, também em esquema de parcelas subdividida no tempo. Para a

produção de CH₄ ruminal e a consumo foram utilizados cinco animais por tratamento, na avaliações de fluxo de CH₄, N₂O e CO₂ no solo, foram utilizadas câmaras fechadas sendo também cinco repetições por tratamento. Somente para a variável fluxo de N₂O encontrou-se diferença significativa entre os tratamentos (P<0,05), sendo que o tratamento SEPA apresentou valores menores nos três primeiros ciclos e valores iguais aos outros tratamentos no quarto ciclo de pastejo. Contudo, somente os fatores climáticos afetaram as variáveis estudadas. O fluxo de CH₄ no primeiro ano, MC no pré pastejo e FDA no segundo ano e MM no pré pastejo nos dois anos experimentais, apresentaram comportamento linear (P<0,05) ao longo dos ciclos de pastejo. O fluxo de N₂O no primeiro ano, lignina e proteína no segundo e, MF no pré pastejo nos dois anos experimentais, apresentaram comportamento quadrático (P<0,05). Já para FDA, lignina e proteína no primeiro ano, MT no pré pastejo, MF no pós pastejo e FDN no segundo ano e, altura e MM no pós pastejo nos dois anos experimentais, apresentaram efeito cúbico (P<0,05). No período chuvoso apresentou maiores valores de emissão de CO₂, quando comparados ao período seco (P>0,05), apresentando uma queda de 44,46% de 2,33 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$. Contudo podemos concluir que a introdução de árvores não modificou a emissão de CO₂, N₂O e CH₄ e, somente os fatores climáticos modificaram seus fluxos.

2. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O efeito estufa é um processo essencial na manutenção da vida em nosso planeta, porém esse processo precisa de um equilíbrio entre as quantidades de gases responsáveis por esse efeito. A causa desse desequilíbrio está no fato que após o processo de industrialização houve um efeito estufa adicional promovido pelo aumento do consumo de combustíveis fósseis e expansão da agricultura, o que levou ao aumento da emissão de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) para a atmosfera (SOLOMON et al., 2007). Segundo o IPCC (2007) a agropecuária

contribui de forma expressiva na emissão de gases de efeito estufa, sendo sua contribuição de 25% no CO_2 , 65% no CH_4 e 90% no N_2O , respectivamente.

No Brasil, pode-se destacar a criação de animais em pastagens como um importante elemento na cadeia agropecuária e, assim inserida no contexto de emissão de gases de efeito estufa. Essas pastagens, por não terem, em sua maioria, manejo adequado, geram condições de superpastejo ou subpastejo, e conseqüentemente degradação ambiental e maior emissão de gases de efeito estufa (PERON & EVANGELISTA, 2004).

O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens cultivadas é fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência da agropecuária (VILELA et al., 2008). Dentre as alternativas destaca-se o sistema silvipastoril que é definido como a integração de espécies forrageiras, arbóreas e animais em uma mesma área, atuando de forma integrada. Dessa forma, o sistema silvipastoril modifica o microclima do dossel, o que altera todos os processos biológicos da planta, do solo e do animal (ANDRADE et al., 2003; CASTRO et al., 2008).

A principal mudança na introdução de árvores em um sistema pastoril é a diminuição da quantidade e qualidade de luz sob o dossel e, conseqüentemente, o decréscimo da temperatura e o aumento da umidade do microclima do dossel forrageiro (KAUR et al., 2002). Diminuindo a emissão dos gases de efeito estufa gases como um todo para a atmosfera. No solo o decréscimo da temperatura diminui todos os processos bioquímicos responsáveis pela degradação da matéria orgânica, levando menor nitrificação e desnitrificação, processos responsáveis pela produção de N_2O , menor decomposição anaeróbica, processo bioquímico para a produção de metano e, menor decomposição aeróbica da matéria orgânica que é responsável pela produção de CO_2 (SHIDLBACHER et al., 2004; HAYNES & WILLIAMS, 1993; BRITO et al, 2015). No animal essas mudanças proporcionam um ambiente com maior conforto térmico, melhorando a termorregulação e, conseqüentemente aumentando o consumo e a digestão

da planta forrageira, o que proporciona menor formação e liberação de gases pelo rúmen (SANTOS et al., 2006; BERBIGIER, 1989).

As mudanças na intensidade de luz afetam as características morfológicas e bromatológicas da planta forrageira, o que altera a digestibilidade e, consequentemente, a produção de gases de efeito estufa no rúmen. O decréscimo da luminosidade no dossel forrageiro promove o aumento da fração proteica, consequência da elevação do aparato hormonal fotossintetizante e, pode-se observar em alguns sistemas silvipastoris diminuição da fração fibrosa, provocada pelo aumento da renovação celular e redução da parede esclerenquimática das folhas. Assim com o aumento da qualidade e diminuição da fração fibrosa, diminuindo a produção e emissão de CH_4 pela fermentação ruminal (BEEV et al., 1989; KURIHARA et al., 1999).

No entanto, a interação entre árvores, plantas forrageiras e animais ainda carece de estudos e, é de vital importância o conhecimento e o estudo das consequências da introdução do ambiente silvipastoril na emissão de gases de efeito estufa.

3. HIPÓTESE GERAL

A introdução de árvores no sistema silvipastoril tradicional altera todos os processos macro e microbiológicos no solo, na planta e no animal. Diminuindo a emissão de gases de efeito estufa emitidos pelo solo, pelo decréscimo dos processos biológicos nele inserido e, promovendo também a mitigação de metano produzido pelo rúmen dos animais, pelo aumento do conforto térmico e melhora da forragem ofertada.

4. OBJETIVO GERAL

O objetivo do experimento foi avaliar a introdução de eucaliptos em pastagem de capim massai, em sistema silvipastoril, na emissão de gases de efeito estufa.

5. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A criação de animais em pastagem, em destaque a criação de ovinos, deve ajustar-se à atual tendência mundial de mitigação da emissão de gases de efeito estufa. O uso de sistemas alternativos como o silvipastoril, se insere como uma opção para diversificar o sistema tradicional, que no Brasil não é bem manejado (PERON & EVANGELISTA, 2004).

5.1. OVINO CULTURA NO BRASIL E NO MUNDO

O Brasil possui 17,3 milhões de cabeças de ovinos e as maiores criações se concentram nas regiões nordeste e sul, sendo o estado do Rio Grande do Sul o maior produtor com 3,9 milhões de cabeças. Na região sul se destaca a criação de ovinos laníferos ou de produção mista adaptada ao clima subtropical, porém por esse motivo essa produção também sofreu grave crise pela entrada das fibras sintéticas nas décadas de 80 e 90. Na região nordeste se destacam as raças sem lã como a Santa Inês e Morada Nova, raças rústicas e que suportam as condições de seca da região (IBGE, 2010).

A região sudeste e centro-oeste vem se destacando como novos polos de criação de ovinos. Porém, em geral, a população brasileira não é adepta ao consumo de carne ovina, sendo restrito a determinadas épocas do ano e a populações específicas, o que dificulta o investimento no setor de criação de ovinos de corte (IBGE, 2010).

5.2. SISTEMA SILVIPASTORIL

O sistema silvipastoril está inserido como uma modalidade agroflorestais e, é definido como a introdução de um sistema arbóreo em um sistema pastoril, em sequência ou simultaneamente. Esse sistema se insere como uma forma de uso da terra que combina a produção arbórea com a

produção pecuária de forma combinada, visando à maximização das duas produções.

O uso de sistemas silvipastoris não é algo novo, sistema integrado em florestas vem sendo utilizados na agricultura a milhares de anos, visando o benefício ocasionado pela utilização do componente arbóreo. Estudos da interação no sistema silvipastoril são citados nos Estados Unidos há 125 anos, onde já se utiliza bovinos em sistemas florestais naturais, e há vários estudos nesse país tendo em vista os benefícios dessa interação (PEARSON & JAMESON, 1967; ROATH E KRUEGER, 1982; ALLEN, 1986). Na Nova Zelândia a utilização de sistemas silvipastoris vem sendo utilizadas a varias décadas, tanto no controle da erosão das encostas, tanto para o controle de gramíneas em florestas plantadas (MILLER, 1975).

Em ambientes tropicais a utilização de árvores em ambientes pastoril também é bastante difundida. Estudos na América Central demonstraram boas correlações no uso do sistema silvipastoril principalmente em ambientes com florestas naturais (ARROYO-MORA et al. 2005; ANDRADE et al., 2008). Em outros pais tropicais como a Índia também demostraram que o uso de espécies arbóreas tropicais com gramíneas nativas aumentou a produtividade no campo elevando os benefícios em todo o sistema (KAUR et al., 2002).

No Brasil as pesquisas sobre o tema silvipastoril ainda carecem de mais estudos. Porém, nas ultimas décadas vem crescendo o interesse e muitos trabalhos vem sendo feitos sobres esse assunto. Esses estudos evidenciaram relações positivas entre as plantas forrageiras tropicais e o cultivo de árvores e, demostraram que plantas principalmente do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, toleram sobreamentos moderados (abaixo de 80%) (SOUZA et al., 2007; CASTRO et al., 2008; SOARES et al., 2009).

As modificações proporcionadas pela silvipastoril e a sua finalidade são dependentes do modelo utilizado e do espaçamento dos reques de árvores, o que altera todas as correlações entre planta, solo e animal. Em questões de modalidade pode-se dividir o silvipastoil em duas categorias básicas sendo elas sistemas silvipastoris eventuais (onde os animais permanecem na área

por um período determinado), e sistemas silvipastoris verdadeiro (onde o sistema é projetado para que haja permanência por grande período de tempo dos animais na área). Couto et al. e Almeida (1991), observaram que a introdução de animais em florestas plantadas agiu positivamente no controle do capim invasor (*Panicum maximum*) esse capim no período seco do ano pode provocar incêndios e ocasionar graves prejuízos na cultura arbórea.

Em relação ao silvipastoril verdadeiro esse é projetado para beneficiar a cultura arbórea e o pastejo dos animais, tendo variações da produtividade da forrageira afetadas principalmente pela disposição dos renques de árvores, pois esses afetam a entrada de luz no dossel e modificam o crescimento da planta (GOBBI et al. 2007). Oliveira et al. (2005), avaliaram a influência do espaçamento e arranjo em um sistema agrosilvipastoril em Minas Gerais, e encontraram que a produtividade da *Brachiaria decumbes* foi sempre maior quanto mais distante for o plantio da forrageira da base das árvores. Cameron et al. (1989), em trabalho com diferentes densidade arbóreas de eucaliptos, observaram um aumento da produção da espécie forrageira com a diminuição da densidade arbórea, e que em densidade menores de árvores o tempo de utilização do sistema também é maior em comparação com sistemas com maior densidade.

5.3. INFLUÊNCIA DA LUZ NO CRESCIMENTO DA PLANTA FORRAGEIRA

A quantidade (energia radiante) e qualidade (comprimento de luz) da luz altera o desenvolvimento morfológico e fisiológico da planta forrageira. Essas variações da quantidade e qualidade do espectro luminoso alteram de maneira mais expressiva o aparato fotossintetizante e o sistema fitohormonal, modificando os processos de assimilação de nutrientes e, de crescimento da planta (LUDLOW e WILSON, 1971; CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

Fatores ambientais como o fotoperíodo alteram a quantidade de luz. A diminuição das horas de luz por dia, que ocorre nas estações de outono e

inverno altera a fisiologia da planta forrageira, modificando as gemas da fase vegetativa para reprodutivo iniciando o período de florescimento. Barbosa et. al. (2007) observaram o aumento da inflorescência na transição entre o período chuvoso e seco, exemplificando esse processo pela queda gradual do fotoperíodo.

Mudanças no manejo alteram também a luz no dossel. A intensidade de desfolhação altera o índice de área foliar, que por sua vez modificada a entrada de luz pelas camadas do dossel forrageiro. Desse modo, o aumento da intensidade de desfolhação eleva à incidência de luz sobre as camadas mais baixas do dossel forrageiro o que estimula as gemas basais aumentando o aparecimento de novos perfilhos (CUTRIM JUNIOR et al., 2010; PACIOLLO et al., 2008)

O consórcio de diferenças espécies, como é o caso do sistema silvipastoril (forrageira + árvores), modifica de forma evidente o fator luz no ambiente pastoril. A introdução de árvores nesse ambiente diminui a quantidade e qualidade de luz modificando todos os processos morfofisiológicos da planta forrageira (ANDRADE et al., 2003; CASTRO et al., 2008), porém as alterações na planta forrageira irão depender do grau de sombreamento com que essa planta irá ser submetida (HUSSAIN et al., 2009; KARKI et al., 2013; ABRAHAM et al., 2014).

Em relação à produtividade da forrageira em sistemas silvipastoris observa-se em geral redução na produtividade e no perfilhamento em comparação com sistemas a pleno sol. Esse fato é explicado pela menor disponibilidade de luz, que diminuiu assim a proporção de assimilados produzidos pela fotossíntese (VENTURIN et al., 2010). Villanueva et al. (2008), em estudo com diferentes espécies arbóreas e produção de forragem em pastagens na Costa Rica identificarão diminuição de 4% a 97% na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* devido a presença de sobre natural. Contudo, esses autores observaram maiores produções de forragem em pastos submetidos a árvores de copas menos densa, provavelmente pela maior permeação de luz entre os galhos. Abrahan et al. (2014), encontraram,

em populações da gramínea *Dactylis glomerata* L. na Grécia, redução na população de perfilhos e na produção de matéria seca com o aumento do sombreamento, sendo utilizado nessa pesquisa sombreamentos de 0, 60 e 90%. Os autores citam que a sombra moderada (60%) foi mais benéfica ao sistema tendo a planta nesse tratamento maior capacidade de rebrota.

Apesar da aparente perda de produtividade com a introdução de árvores no sistema silvopastoril, as modificações no ambiente tendem a proporcionar um aumento na qualidade da forrageira ofertada para o animal (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; SOUZA et al., 2007). Castro et al. (2008), em trabalho com *Brachiaria decumbens*, em sistema silvipastoril com várias espécies de leguminosas, encontraram maior quantidade de proteína em pastos sob a influência de árvores. Paciollo et al. (2007), trabalhando com *Brachiaria decumbens* em consórcio com diferentes espécies arbóreas, encontraram que plantas em sombreamento apresentaram 27% de proteína bruta a mais do que plantas em pleno sol. Soares et al. (2009) estudaram onze espécies forrageiras e encontraram maiores valores de proteína bruta em parcelas sombreadas em relação as parcelas que permaneceram em pleno sol.

O aumento da proteína em sistemas silvipastoris, é devido principalmente a fatores relacionados à luz na fisiologia da planta forrageira. No que se refere às funções fisiológicas pode-se destacar o aumento do sistema fotossintetizante da planta, pois com a diminuição da luminosidade há a elevação de todos os hormônios e fitohormônios responsáveis pela produção de fotoassimilatos para a planta (GOBBI et al., 2007). Souza et al. (2010) cita que o atraso no desenvolvimento das plantas em ambientes com sombra explica o aumento da proteína bruta nas plantas. Segundo o autor plantas em ambientes sombreados tendem a permanecer em seu estado vegetativo juvenil por mais tempo, o que aumenta o nível metabólico e a concentração de nutrientes.

Resultados sobre os teores de fibra e lignina em ambientes sombreados ainda são conflitantes. Souza et al. (2007), em trabalho com

Brachiaria brizantha cv. *Marandu* em sistema silvipastoril, observaram maior quantidade da fração fibrosa das plantas submetidas ao tratamento com sombra, provavelmente devido ao maior estiolamento da forrageira localizada na sombra, diminuindo a relação folha/colmo e com isso aumentando o teor de fibra. Kephart e Buxton (1993), estudando cinco espécies de gramíneas reportaram que a imposição de sombra resultou na diminuição da parede celular em 3%, o que provocou diminuição dos teores de fibra e lignina.

5.4. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GASES DE EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural no planeta terra ele consiste na retenção da radiação solar por compostos gasosos. Ele responsável pela manutenção da temperatura média do planeta, sendo o equilíbrio entre a concentração de gases responsável por esse efeito de vital importância para a vida no planeta (IPCC, 2007).

Desde 1980 vem se contatando um efeito estufa adicional, sendo esse efeito devido ao aumento da industrialização e queima de combustíveis fósseis. O uso intensivo da terra e a industrialização estão aumentando a emissão dos três principais gases de efeito estufa sendo eles o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4). Segundo o IPCC (2007), a aumento da concentração desses gases proporcionara até o final do século 21 um acréscimo entre 1,1 °C a 6,4 °C na média de temperatura.

Esse aumento da temperatura proporciona elevação de condições extremas climáticas. Já se observa-se aumento de furacões, tornados, elevação das condições de seca e de frio extremo e calor extremo, gerando milhões de dólares de prejuízos (STEINFELD et al., 2006). Assim sendo a uma crescente preocupação com formas e métodos para se conhecer e mitigar esses gases. Sendo estimada em 1% do PIB global a quantia necessária para se promover a diminuição da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2007).

5.5. PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA

5.5.1. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás responsável pelo efeito estufa. O aumento da emissão desse gás é, principalmente, consequência das atividades antrópicas ocorridas nas últimas décadas, sendo a taxa de aumento anual de CO₂ estimada em 0,5% (IPCC, 2007).

A emissão de carbono para a atmosfera aumentou principalmente pela queima de combustíveis fósseis, sendo o aumento relacionado a essa queima de 6603 toneladas por ano de 1750 para 1998 (Marlarland et al., 2007). O oceano tem capacidade de absorver o carbono atmosférico porém se observarmos as de 1980 a emissão de carbono foi de 3,3 Pg por ano e a absorção pelo oceano foi somente de 2 Pg. Na década de 1990 a emissão de carbono foi de 6,3 Pg por ano e a absorção pelo oceano foi de 1,6 Pg. Então houve acúmulo na atmosfera de 3,6 Pg de C por ano, e uma provável saturação do oceano com esse elemento, o que provocará ainda mais o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera (PRENTICE, 2001; SCHIMEL et al., 2001).

A agropecuária, por sua vez, contribui com cerca de 25% da emissão de CO₂ mundial (IPCC, 2007). A emissão nesse setor se deve principalmente pela derrubada de florestas para a agricultura e pecuária. A retirada da biomassa e posterior queima ou decomposição do material vegetal emite todo carbono que estava retido o que aumenta a concentração de CO₂. Lal 2004 cita que 136 Pg de carbono foram emitidos no período de 1850 a 1998, pelo uso antrópico da terra, sendo essa emissão constituída de dois fatores, a decomposição da matéria vegetal e a mineralização da matéria orgânica no solo.

A adição de carbono no solo se deve principalmente pelo ingresso proveniente dos dejetos dos animais e da senescência de plantas, ou incorporação dessas ao solo pela agricultura. O solo possui aproximadamente

1550 Gigas toneladas de carbono na forma orgânica e 950 Gigas toneladas na forma inorgânica, e apresenta 3,3 vezes mais carbonos que a atmosfera e 4,5 vezes mais que a biota global. O clima afeta e foram evidentes o carbono no solo apresentando em regiões com clima árido estoques de carbono de aproximadamente 30 toneladas por hectare, já em solos orgânicos de climas frios podem apresentar cerca de 800 toneladas por hectare (LAL, 2004). O potencial de elevação de carbono no solo pode ser aumentado pela fertilização e manejo adequado das áreas agrícolas, uso de espécies produtivas, e irrigação (CONANT et al., 2001).

5.5.2. ÓXIDO NITROSO (N_2O)

O óxido nitroso (N_2O) se apresenta como um importante gás responsável pelo efeito estufa. O potencial de aquecimento global do N_2O é cerca de 298 vezes maior quando comparado ao CO_2 . Esse gás também contribui para a destruição da camada de ozônio, pois permanece por muito tempo ativo na atmosfera (RAFIQUE et al., 2011). O IPCC (2007) estima que o setor agropecuário contribua com cerca de 50% das emissões totais de N_2O , e sua taxa de aumento anual é de 1,0%.

O N_2O é produzido em sua grande maioria no solo pelo processo de desnitrificação em condições anaeróbicas, porém ele pode ser produzido também em condições aeróbicas pela nitrificação (RAFIQUE et al., 2011). A desnitrificação é realizada por diversos gêneros de bactérias heterotróficas anaeróbicas facultativas. Essas bactérias utilizam o nitrato (NO_3) contido no solo e o reduzem para NO , N_2O e N_2 . Por outro lado, a nitrificação é realizada por bactérias autotróficas do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrospira* e dependem de sítios contendo oxigênio no solo (FIRESTONE, 1982; ADDISCOTT, 2004). Nesse processo o nitrogênio na forma amoniacal (NH_4) ou o íon amônio é oxidado para NO_2^- , havendo produção desse gás por dismutação química do nitroxil ou por ação da redutase de nitrito (BREMNER, 1997).

Adubos nitrogenados inorgânicos e excretas de animais (fezes e urina) são as fontes principais de nitrogênio, as quais podem ser utilizadas no processo de desnitrificação ou nitrificação, sendo a disponibilidade de nitrogênio fator determinante na produção de N_2O . Dobbie et al. (1999) em avaliações em diferentes sistemas de produção observou que o aumento do aporte de N elevou a emissão de N_2O , e quando as concentrações de N foram abaixo de $5 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ as emissões foram praticamente zeradas. Bouwman (1996) encontrou uma relação positiva entre a aplicação de N no solo e a emissão de N_2O , observando que a cada 100 kg de adubo nitrogenado aplicado ao solo 1,25 kg são emitidos para a atmosfera na forma de N_2O . Os dados de Bouwman foram utilizados pelo IPCC (2007) que estimou em 1% a contribuição na emissão de N_2O dos adubos nitrogenados e fezes dos animais.

A forma disponível do nitrogênio no solo também altera a emissão N_2O . Na forma nítrica o nitrogênio somente poderá contribuir com a emissão de N_2O através do processo de desnitrificação já formas amídicas contribuem pela nitrificação e desnitrificação (SMITH, 2003; JONES et al.; 2005; RUSSOW et al.; 2008). Dobbie e Smithe (2003) observaram que a aplicação de nitrato de amônio em relação à ureia apresentou maiores contribuições para a emissão de N_2O . Davidson et al. (1996) em experimento com cana de açúcar, encontraram aumento da emissão de N_2O com a elevação de NH_4^+ .

5.5.3. METANO (CH_4)

O metano (CH_4) é um importante gás de efeito estufa, tendo uma capacidade de aquecimento global 21 vezes maior que o CO_2 . Henckel et al. (2001) cita que a concentração de CH_4 mundial na atmosfera é de aproximadamente 1,8 ppmv, sendo esse valor o dobro do encontrado a 200 anos atrás. Segundo o IPCC (2007), 70% da emissão desse gás é provenientes da agropecuária e seu aumento anual é estimado em 0,8%. Segundo MCT (2010), a emissão total de CH_4 proveniente da ovinocultura

(fermentação entérica + dejetos animais), para o estado de São Paulo, em 2008, foi de 2,34 Gg, sendo 2,27 Gg provenientes da fermentação entérica.

As emissões de CH_4 são decorrentes de processos anaeróbicos da decomposição da matéria orgânica e degradação da pastagem pelo trato gastrointestinal dos animais (LIMA, 2002).

No solo, o CH_4 é produzido principalmente pela decomposição de massas fecais depositadas pelos animais em pastejo ou matéria orgânica acumulada. Onde bactérias metanogênicas utilizam o carbono disponível no solo, em condições anaeróbicas e, como produto final emitem CH_4 para a atmosfera (KREUZER & HINDRICHEN, 2006). Em solos bem drenados e aerados a emissão de CH_4 tem pouca expressão e há prevalência de consumo de CH_4 , esse fato ocorre, pois bactérias metanotróficas utilizando moléculas de CH_4 na presença de oxigênio para produzir energia eliminando CO_2 (ZEISS, 1996; McDONALD, et al.; 2008). Sagggar et al. (2007) em experimentos em pastejo de ovinos, observaram que em todos os tratamentos estudos por esses autores apresentaram consumo de CH_4 , apresentando consumo entre 1,7 a 0,05g de C- $\text{CH}_4\text{m}^2 \text{d}^{-1}$.

Em relação aos animais, o CH_4 tem sua maior produção no rúmen decorrente dos processos fermentativos do material fibroso ingerido, no qual bactérias metanogênicas (grupo Archea) aproveitam moléculas de hidrogênio livres (H_2), decorrentes da formação de ácidos graxos voláteis decorrentes da fermentação de carboidratos no rúmen, para a redução de CO_2 , formando como produto final o CH_4 (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; LIMA, 2002). Posteriormente esse gás é emitido para a atmosfera, pelo processo de eructação.

5.6. FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMA SILVIPASTORIL

O uso de espécies arbóreas em consórcio com forrageiras, como se observa no sistema silvipastoril, também demonstra um grande potencial de contribuir para a mitigação de gases de efeito estufa.

De forma direta o sistema silvipastoril proporciona absorção de carbono na biomassa das árvores retirando CO_2 da atmosfera pela fotossíntese. Segundo Seppänen (2002) plantações de eucalipto podem capturar de 320 a 610 t/ha de CO_2 em sete anos. Paixão et al. (2006) trabalharam com plantações de eucalipto durante seis anos, observaram um estoque de carbono de $47,7 \text{ t.ha}^{-1}$ na parte aérea das árvores e $14,7 \text{ t.ha}^{-1}$ em raízes. Howlett et al. (2011), estudaram um sistema silvipastoril em consórcio de *Pinus radiata* D. Don e *Betula pendula* Roth e encontraram maior estoque de carbono no sistema silvipastoril, quando comparado com área sem a presença de árvores. Esses autores relataram também maior quantidade de carbono em camadas mais profundas do solo, fato explicado pela morte e eventual decomposição das raízes das árvores, as quais tendem a explorar camadas mais profundas do solo.

O sistema silvipastoril altera o ambiente do dossel forrageiro, aumentando a umidade, diminuindo a luminosidade e temperatura (SILVA-PANPO et al., 2002). A alteração da quantidade e qualidade de luz devido à introdução de árvores no sistema pastoril altera o crescimento e o desenvolvimento da planta forrageira. Essas alterações proporcionam mudanças bromatológicas, aumentando a proporção de proteína bruta e digestibilidade (KEPHART E BUXTON, 1993 SOUZA et al., 2007). A produção de CH_4 está diretamente relacionada com a constituição bromatológica dos alimentos ingeridos pelos ruminantes, sendo os alimentos volumosos, com menor digestibilidade, os maiores produtores de CH_4 no processo fermentativo no rúmen e retículo, assim o aumento da digestibilidade proporcionado pelo silvipastoril age positivamente na diminuição da produção e emissão de CH_4 (KREUZER & HINDRICHEN, 2006).

O aumento da umidade e a diminuição da temperatura influenciam a atividade microbiana no solo e, desse modo, alteram a velocidade com que ocorrem os processos de mineralização e reciclagem de nutrientes na matéria orgânica (SILVA-PANPO et al., 2002; BORTOLON et al., 2009). A diminuição da temperatura desacelera os processos biológicos e assim as reações

enzimáticas, expressas pelo fator Q_{10} , esse fator representa a aceleração de uma reação com o aumento de 10 °C na temperatura, assim a diminuição do fator Q_{10} desacelera os processos bioquímicos responsáveis pela produção de CO_2 , N_2O e CH_4 diminuindo a emissão desses gases para a atmosfera e aumentando o estoque de carbono no solo (RUZ-JEREZ et al., 1994; SILVA-PANPO et al., 2002) Schindlbacher et al. (2004) em trabalho com diferentes tipos de solos e temperaturas, em florestas europeias, encontraram relação positiva de emissão de N_2O , com a elevação da temperatura. Haynes & Williams (1993), em experimento com esterco de vacas de leite observaram decréscimo linear da emissão de CH_4 com a diminuição da temperatura.

A menor temperatura no sistema silvipastoril afeta os processos termorregulatórios e bioquímicos dos animais em pastejo. Essas mudanças modificam a digestibilidade do alimento e balanço de nitrogênio no organismo animal. A maior eficiência digestiva promove maior conversão alimentar, o que causa um efeito mitigador no gás CH_4 , pois há menor produção de CH_4 por quantidade de carne produzida (SANTOS et al., 2006; BERBIGIER, 1989). O aumento da digestibilidade também promove a elevação da absorção de nitrogênio pelos animais, diminuindo assim o aporte de nitrogênio depositado pelos animais em pastejo, diminuindo a emissão de N_2O . Passini et al. (2009) em experimento com vacas leiteiras, sob estresse térmico, observaram diminuição da digestibilidade da proteína em elevadas temperaturas. Obitsu et al. (2011) trabalharam com vacas em duas temperaturas (18 °C e 28 +°C) observaram que animais que permaneceram na temperatura mais elevada apresentaram maior concentração de ureia na urina.

A elevação da umidade e a manutenção por mais tempo de espaços porosos saturados por água (EPSA) proporcionada pelo ambiente silvipastoril provoca a aceleração de todos os processos biológicos de reciclagem de nutrientes do solo, assim causando o aumento da produção dos gases de efeito estufa. Linn e Doram (1984) relatam que o processo de nitrificação é acelerado com o aumento da umidade do solo até 60% do EPSA, já o

processo de desnitrificação se mostra mais representativo a partir de 60% de EPSA alcançando seu valor máximo com a saturação do solo. O aumento dos EPSA também promove um efeito de expulsão dos gases contidos no interior do solo o que aumenta também a emissão de N_2O (DOBBIE et al., 1999). A metanogênese ocorre em ambientes anaeróbicos, com isso o aumento da umidade e a manutenção dos EPSA, auxilia na manutenção de um ambiente sem O_2 o que aumenta a produção e emissão de CH_4 (MOSIER et al, 2006; KREUZER & HINDRICHEN, 2006). Wilhelmi & Rothe (1990) estudaram o efeito da saturação por água de 40 a 60% na emissão de CO_2 em laboratório, e observaram que a produção aumenta com a elevação da umidade, avaliando que houve um estímulo da população microbiana aeróbica para a degradação da matéria orgânica e produção de CO_2 .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABRAHAM, E.M.; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M.; KOSTOPOULOU, P.; KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**; ed 88(2), p 287-299, 2014.
- ADDISCOTT, T.M. **Nitrate, agriculture and the environment**. Wallingford: CABI, pg.279, 2004.
- ALLEN, B.H. Forest grazing - use of livestock in plantation management. **Abst. 39th Anual Meeting. Soc. Range Manage**, n 228, 1986.
- ALMEIDA, J.C.C. Comportamento de *Eucalyptus citriodora* Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1991. 44p. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)** - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. PEREIRA, O. G.; SOUZA, A.L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema

- silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- ANDRADE, H.J.; BROOK, R.; IBRAHIM, M. Growth, production and carbon sequestration of silvopastoral systems with native timber species in the dry lowlands of Costa Rica. **Plant Soil**, n 308, pg 11-22, 2008.
- ARROYO-MORA, J.P.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; BENOIT, R., CALVO, J.C.; JANZEN, D.H. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. **Agric Ecosyst Environ**, n 106, pg 27-39, 2005.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, S.C. da; ZIMMER, A.H.; TORRES JUNIOR, R.A.A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329-340, 2007.
- BEEVER, D. E.; CAMRNELL S. B.; SUTTON, J. D.; SPOONER, M. C.; HAINES, M. J.; HARLAND, J. I. The effect of concentrate type on energy utilization in lactating cows. Proc. 11th Symp. **On Energy Metabolism EAAP Publication** n. 43:33, 1989.
- BERBIGIER, P. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: cattle, sheep and goats, pigs. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1. **Anais...** Jaboticabal: FMVZ/UNESP/FUNEP, p. 7-44, 1989.
- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1635-1646, 2009.
- BREMNER, J.M. Sources of nitrous oxide in soils. **Nutriente Cycling in Agroecosystems**, Heidelberg, v.49, pg. 7-16, 1997.
- BRITO, L.F.; AZENHA, M.V.; JANUSCKIEWICZ, E.R.; CARDOSO, A.S.; MORGADO, E.S.; MALHEIROS, E.B.; SCALA JR., N.L.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C. Seasonal fluctuation of soil carbon dioxide emission

- in differently managed pastures. *Agronomy Journal*, v.107, pg. 957-962, 2015.
- CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; JONES, R.M. CHARLES-EDWARDS, D.A. Tree and pastures: a study on the effects of spacing. **Agroforestry today**, v.3, n.1, pg 8-9, 1991.
- CASTRO, A.C.; LORENÇO JUNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, A. B.; GARCIA, A.R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2395-2402, 2008.
- CONANT, R.T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. **Ecological Applications**, v.11, pg 343-355, 2001.
- COUTO, L., GARCIA, R., BARROS, N.F., GOMES, J.M., SANTOS, G.P., ALMEIDA, J.C.C. Redução do custo de reflorestamento no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, por meio da utilização de sistemas silvopastoris: Gado Bovino em Eucaliptal a ser Explorado. Belo Horizonte: EPAMIG, 1988, 28p. (**Boletim Técnico, 26**).
- CRUTZEN, P.; MOSIER, A. R.; SMITH, K. A.; WINIWARTER, W. N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. **Atmospheric Chemistry and Physics**, p. 389-395, 2008.
- CUTRIM JÚNIOR, J.A.A.; CÂNDIDO, M. J. D; VALENTE, B. S. M.; CARNEIRO, M. S. S; CARNEIRO, H.A.V.; CIDRÃO, P. M. L. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.11, n.3, p.618-629, 2010.
- DAVIDSON, E.A.; MATSON, P.A.; BROOKS, P.D. Nitrous oxide emission controls and inorganic nitrogen dynamics in fertilized tropical agricultural soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, pg 1145-1152, 1996.

- DOBBIE K.E., MCTAGGART I.P., SMITH K.A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: variations between crops and seasons; key driving variables; and mean emission factors. **Journal of Geophysical Research**, v.104, p.26891–26899, 1999.
- DOBBIE, K.E.; SMITH, K.A. Nitrous oxide emission factorers for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables. **Global Change Biology**, v.13, pg 204-218, 2003.
- FIRESTONE, M.K. Biological denitrification. In: STEVENSON, F.J. BREMNER, J.M.; HAUCK, R.D. **Nitrogen in agricultural soils**. MADISON: ASA, pg. 289-326, 1982.
- GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ-NETO, A.F. et al. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk submetida ao sombreamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.
- HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.
- HOWLETT, D.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; NAIR, P.K.R.; NAIR, V.D.; RODRIGUEZ, A.R. Soil Carbon Storage in Silvopastoral Systems and a Treeless Pasture in Northwestern Spain. **Journal Environ Quality**, v. 40 n.3, p.825-832, 2011.
- HUSSAIN, Z.; KEMP, P.D.; HORNE, D.J.; JAYA, I.K.D. Pasture production under densely planted young willow and poplar in a silvopastoral system. **Agroforest Syst**, v.76, p. 351–362, 2009
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: **Senso Agropecuário Brasileiro**, 2010.
- IPCC - Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)].

Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007.

- JONES, C.C. MCCONNELL, K.; COLEMAN, P.; COX, P.; FALON, P.; JENKINSON, D.; POWLSON, D. Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of carbon in soils. **Global Change Biology**, v.11, pg 114-166, 2005.
- KARKI, S., ELSGAARD, L., AUDET, J., AND LÆRKE, P. E.: Mitigation of greenhouse gas emissions from reed canary grass in paludiculture: effect of groundwater level. **Plant Soil**, v.383, p.217–230, 2014.
- KAUR, B.; GRUPTA, S.R.; SINGH, G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in northwestern India. **Agroforestry Systems**, v.54, n.1, p.21-29, 2002.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.F. Forage quality responses of C3 and C4 perennial to shade. **Crop Science**, v.33, pg.831-837, 1993.
- KREUZER, M.; HINDRICHEN, 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.
- KREUZER, M.; HINDRICHEN, I.K. Methane mitigation in ruminants by dietary means: The role of their methane emission from manure. **International Congress Series**. 1293, 199– 208, 2006.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A. et al. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.227-234, 1999.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Geoderma**, n 123, pg 1-22, 2004.
- LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.19 n.3, p.451-472, 2002.
- LINN, D.M.; DORAN, J.W. Effect of water-filled pore-space on carbon-dioxide and nitrous-oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.1267-1272, 1984.

- LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. Photosynthesis of tropical pasture plants. I. Luminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-air vapour pressure difference. **Australian Journal of Biological Science**, v.24, p.449-470, 1971.
- MARLAND, G.; ANDRES, R.G.; BODEM, T.A.; BRENKERT, A. Global, regional and national CO₂ emission estimates from fossil fuel burning, cement production and gas flaring, 1751 – 1996; **Report NDP-030. Carbon Dioxide information Analysis Center, Oakridge National Laboratory**, 1999.
- Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Relatório de referência para Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. 2010.
- MOSIER, A.R.; HALVORSON, A.D.; REULE, C.A.; LIU, X.J.J. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. **Journal of Environmental Quality**, v.35, p.1584-1598, 2006.
- OBITSU, T., KAMIYA, Y.; TANAKA, M.; SUGINO, T. Effects of high ambient temperature on urea-nitrogen recycling in lactating dairy cow. **Animal Science Journal**, v.82, 531–536, 2011.
- OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.C.; SANTOS, I.P.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; VENTURIN, N. Productivity of *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu under different spacings on agrosilvopastoral system with eucalypt. **Ciênc. agrotec.**, v. 31, n. 3, p. 748-757, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.
- PAIXÃO, F. A.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L.A.G.; SILVA, M.L.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F. Quantificação do estoque de carbono e análise

- econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.
- PASSINI, R. ; FERREIRA, F. A. ; BORGATTI, L. M. O. ; TERÊNCIO, P. H. P.; SOUZA, R. T. Y. B.; RODRIGUES, P. H. M. Estresse térmico sobre a seleção de dieta por bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 31, p. 303-309, 2009.
- PEARSON, H.A., JAMERSON, D. Relationship between timber and cattle production on ponderosa pine range. USDA. **Forest Service, Range Exp. Station**, Fort Collins, 10p., 1967.
- PERON, A. J, EVANGELISTA, A. R, Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência Agrotecnica*, v. 28, n. 3, p. 655-661, maio/jun., 2004.
- PRENTICE, I.C. The carbono cycle and the atmospheric carbono dioxide. **Climate change 2001: The Scientific Basis**. Intergovernmental Panel on Climate Change . pg 183-237, 2001.
- RAFIQUE, R.; HENNESSY, D.; KIELY, G. Nitrous oxide emission from grazed grassland under different management systems. **Ecosystems**, v. 14, p. 563–582, 2011.
- ROATH, R.L., KRUEGER, W.C. Cattle Grazing and Behavior on a Forested Range. **Journal of Range Management**, v.35, n.3, p.332-338, 1982.
- RUSSOW, R.; SPOTT, O.; STANGE, C.F. Evaluation of nitrate and ammonium as sources of NO and N₂O emissions from black earth soils (Haplic Chernozem) based on ¹⁵N field experiments, **Soil Biology e Biochemistry**, v.40, pg 380-390, 2008.
- RUZ-JEREZ, B.E.; WHITE, R.E.; BALL, P.R. Long-term measurement of denitrification in three contrasting pastures grazed by sheep, **Soil Biology & Biochemistry**, v. 26, p. 29–39, 1994.
- SAGGAR, S., HEDLEY, C. B., GILTRAP, D. L., LAMBIE, S. M. Measured and modeled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 122, p. 357-365, 2007.

- SANTOS, J.R.S.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; CEZAR, M.F.; TAVARES, G.P. Physiologic responses and thermal variation of Santa Inês, Morada Nova sheep and their crossbreed with Dorper breed to the semi-arid northeastern of Brazil, **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 995-1001, 2006.
- SCHINDLBACHER, A.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; BUTTERBACH-BAHL, K. Effects of soil moisture and temperature on NO, NO₂, and N₂O emissions from European forest soils. **Journal of Geophysical Research**, v.109: p 17302, 2004.
- SCHINEL, D.S.; HOUSE, J.I.; HIBBARD, K.A. BOUSQUEST, P. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. **Nature**, n 414, pg 169-172.
- SEPPÄNEN, P. Secuestro de carbono através de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. **Foresta Veracruzana**, v. 4, n. 2, p. 51-58, 2002.
- SILVA-PANPO, F.J.; HERNANDEZ, M.P.G.; LORENZO, M.J.R. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. **Agroforestry Systems**, v. 56, p. 203–211, 2002.
- SMITH, K.A.; THOMSON, P.E.; CLAYTON, H.; MCTAGGART, I.P.; CONEN, F. Effects of temperature, water content and nitrogen fertilization on emissions of nitrous oxide by soils. **Atmospheric Environment**, v.32, pg 3301-3309, 2003.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.443-451, 2009.
- SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, US, Cambridge University Press. **Climate change 2007: the physical science basis**, 2007.

- SOUZA, L. F.; NAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. E.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1029-1037, 2007.
- SOUZA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R. Nutritional evaluation of “Braquiaraão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, pg.179-189, 2010.
- STEINFELD, H.; GERBER, P; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES; M. & DE HAAN, C. Livestock’s long shadow environmental issues and options. Rome: **Food and Agricultural Organization for Organization of United Nations**. 336p, 2006.
- VENTURIN, R.P.; GUERRA, A.R; MACEDO, R.L.G; VENTURIN, N.; MESQUITA, A.deM. Sistemas Agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. **Informe Agropecuário**. v.31, n.257, p.16-24, 2010.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A. de O. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.933-962, 2008.
- VILLANUEVA, C.; IBRAHIM, M.; SUAREZ, J.R.J. Disponibilidade de *Brachiaria brizantha* em potreros com diferentes niveles de cobertura arbórea em el trópico subhúmedo de Costa Rica. **Zootecnia Tropical**, v.26, n.3, pg.293-296,2006.
- WILHELMI, V.; ROTHE, G.M. The effect of acid rain, soil temperature and humidity on C-mineralization rates in organic soil layers under spruce. **Plant and Soil**, v.121, p.197-202. 1990.

CAPITULO 2

FLUXO DE METANO E ÓXIDO NITROSO DO SOLO EM IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA SILVIPASTORIL COM PASTEJO DE OVINOS.

1. RESUMO:

O aumento da concentração de óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) pela atividade agropecuária tem provocado um efeito estufa adicional, causando um desequilíbrio climático, assim é de vital importância o uso de sistemas integrados que mitiguem esses gases como é o caso do sistema silvipastoril. O objetivo do trabalho foi avaliar o fluxo de N_2O e CH_4 do solo, na implantação de sistema silvipastoril, com lotação intermitente de ovinos em *Panicum ssp. cv Massai*. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, no período de outubro de 2012 a maio de 2013 e de outubro de 2013 a maio de 2014 compreendendo dois verões. O trabalho avaliou diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em quatro tratamentos: silvipastoril com eucaliptos em espaçamento $6,0 \times 1,5$ m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipastoril com eucaliptos em espaçamento $12,0 \times 1,5$ m com pastejo e adubação do capim massai (E2); sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE) e um quarto sistema sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação do capim massai (SEPA). No pastejo foram utilizados ovinos de cinco meses, manejados sob lotação intermitente. A entrada dos animais nos piquetes ocorreu com interceptação luminosa (IL) de 95%. O critério de saída dos animais dos piquetes foi de 20 cm de altura do capim-massai, preconizando três dias de ocupação pelo ajuste da carga animal, sendo utilizada essa altura em todos os tratamentos. Os fluxos de N_2O e CH_4 do solo foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de medidas repetidas no tempo, com dois fatores longitudinais (dois anos, e quatro ciclos de pastejo). O tratamento SEPA apresentou menores fluxos de N_2O que os

demais ($P < 0,005$) nos três primeiros ciclos de pastejo, já no quarto ciclo de pastejo não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Nos fluxos de CH_4 não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Em relação ao ciclo de pastejo, o fluxo de N_2O apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) no primeiro ano de avaliação e efeito cúbico no segundo ano de avaliação. Para o fluxo de CH_4 houve efeito linear decrescente nos ciclos de pastejo no primeiro ano de avaliação e, não houve efeito significativo no segundo ano. Contudo pode-se concluir que a introdução de árvores no sistema pastoril não modificou os fluxos de N_2O e CH_4 , e somente as variações sazonais no decorrer das estações do ano modificaram os fluxos desses gases. Estes resultados podem ser justificados pela fase em que se encontra o sistema silvipastoril, fase de implantação, na qual os eucaliptos mediam em média 1,7 e 4,7 m, respectivamente, no primeiro e segundo anos de avaliação, não propiciando, portanto, o sombreamento esperado num sistema silvipastoril.

2. INTRODUÇÃO

Há uma crescente preocupação com aumento da temperatura média em todo planeta, esse aumento vem sendo relacionado principalmente ao aumento da concentração atmosférica de gases responsáveis pelo efeito estufa. Entre esses destaca-se dois deles: O metano (CH_4) que possui potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o CO_2 , e o óxido nitroso (N_2O) com cerca de 298 vezes maior que o CO_2 . Segundo o IPCC (2007), 70% da produção total de metano e 50% da de N_2O é proveniente da agropecuária, e estima-se um aumento anual de 0,8% e 1,0%, na emissão de CH_4 e N_2O , respectivamente.

A criação de animais ruminantes a pasto, que é largamente utilizado em varias regiões e climas em todo o mundo, é um importante elemento emissor de CH_4 e N_2O para a atmosfera. A produção de CH_4 e N_2O em sistema pastoril esta relacionado principalmente a processos biológicos da

microbiota do solo ou do trato gastrointestinal dos animais (KREUZER & HINDRICHEN, 2006). O CH_4 é produzido principalmente pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica depositada no solo, proveniente de massas fecais dos animais em pastejo ou pela fermentação no rúmen dos animais por bactérias metanogênicas (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; LIMA, 2002). A emissão de N_2O é decorrente, principalmente, de processos de nitrificação e desnitrificação (RAFIQUE et al., 2011). Adubos nitrogenados inorgânicos e excretas de animais (fezes e urina) são as principais fontes de nitrogênio depositadas em sistema pastoril, que podem ser utilizadas no processo de desnitrificação ou nitrificação no solo e, conseqüentemente na produção e emissão de N_2O (IPCC, 2007).

O sistema pastoril tradicional muitas vezes possui manejo inadequado, gerando assim condições de superpastejo ou subpastejo, promovendo a degradação do dossel através dos processos de erosão do solo e, conseqüentemente, degradação ambiental (PERON & EVANGELISTA, 2004).

O desenvolvimento de alternativas para o reestabelecimento da capacidade produtiva das pastagens cultivadas é fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência da agropecuária, diminuindo assim seu impacto na emissão de GEE (ERICKSON et al., 2001; SCHINDLBACHER et al., 2004). Assim, modelos que integram vários sistemas são alternativas na mitigação desses gases. Nesse contexto, o sistema silvipastoril, que integra o sistema pastoril tradicional com o cultivo de árvores, interfere no microclima de todo o dossel forrageiro modificando todos os processos biológicos (CASTRO et al., 2008; RUZ-JEREZ et al., 1994; HAYNES & WILLIAMS, 1993). O microclima dentro do sistema silvipastoril é modificado principalmente pela diminuição da incidência de luz, diminuindo a temperatura e aumentando a umidade. Essas mudanças alteram os processos biológicos, desacelerando os processos enzimáticos e diminuindo a degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, há menor emissão de CH_4 e N_2O (KAUR et al., 2002).

A diminuição da temperatura desacelera todos os processos biológicos no solo, e assim a menor degradação da matéria orgânica e dos processos de nitrificação e desnitrificação, o que proporciona menor emissão de N_2O e CH_4 pelo solo (CHRISTOPHERSEN et al., 2001; SILVA-PANPO et al., 2002). Essas alterações na emissão de N_2O foram observadas por Shindlbacher et al. (2004), em trabalhos com diferentes tipos de solos e temperaturas em florestas europeias, observando uma relação negativa na emissão de N_2O com o decréscimo da temperatura. No mesmo contexto, em estudo com variação de temperatura e emissão de CH_4 . Haynes & Williams (1993), encontraram, em esterco de vacas leiteiras depositados no solo, diminuição da emissão de metano com o decréscimo da temperatura.

Entretanto, o fluxo de gases de efeito estufa em sistema silvipastoril, principalmente em ambientes tropicais, com pequenos ruminantes, ainda carece de estudos. Desta forma, o objetivo do trabalho foi analisar o fluxo de CH_4 e N_2O no solo na implantação de sistema silvipastoril (primeiro e segundo anos após o plantio das árvores) em pastejo com ovinos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp, Campus de Jaboticabal, SP. Localizada a 21°14'05"S de latitude sul, longitude de 48°17'09" W, a altitude de 598 m. O período experimental foi de outubro de 2012 á maio de 2013 e, de outubro de 2013 a maio de 2014 compreendendo dois verões agrostológicos. O solo da área experimental é classificado como Clayey Oxisol segundo USDA-NRCS (2010) ou como Latossolo Vermelho Distrófico, típico, textura argilosa A moderado, caulínítico, hipoférrico, com relevo suavemente ondulado segundo EMBRAPA (2006).

O clima predominante de Jaboticabal, SP, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

A precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima, obtidas na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, são apresentadas na Figura 1.

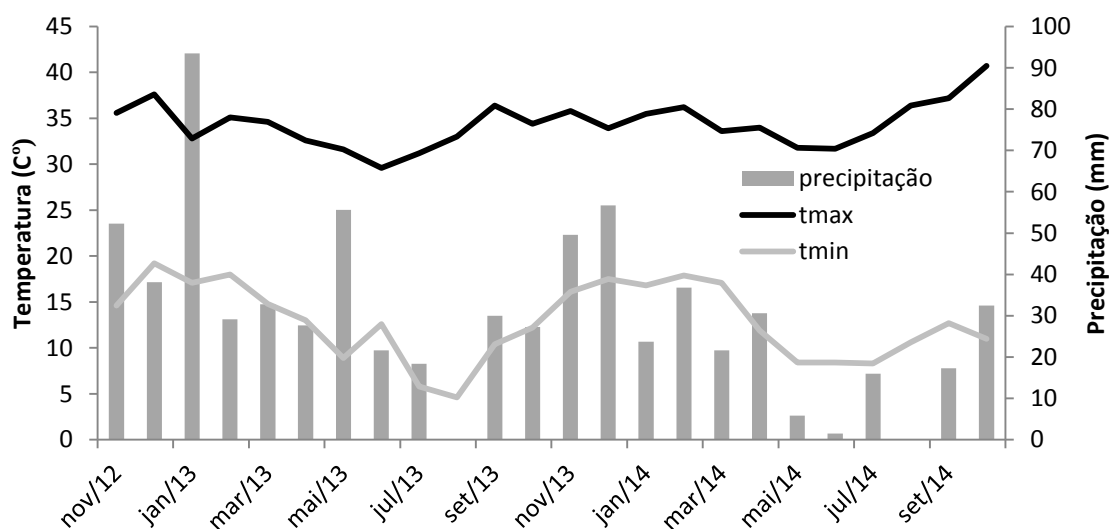


Figura 1. Acumulado de precipitação pluviométrica e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de novembro de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP.

3.2.FORMAÇÃO DA PASTAGEM DA ÁREA EXPERIMENTAL

A semeadura do capim-massai foi realizada em fevereiro de 2012, em sistema de consórcio com milho, com espaçamento de 30 cm entre linhas do capim e 90 cm entre linhas do milho (híbrido 2B710 power), sendo o capim plantado entre as linhas de milho. Foram utilizados 60 mil sementes de milho e 2 kg.ha⁻¹ de sementes puras viáveis de capim-massai, sendo de 40% o valor cultural das sementes de capim utilizadas. A adubação para as duas culturas foi 350 kg da fórmula comercial 8-28-16 no sulco de plantio do milho.

Em abril de 2012, ocorreu a colheita do milho que foi destinada à confecção de silagem. Após esta colheita utilizou-se irrigação da área uma vez por semana de abril a setembro de 2012, para a formação do pasto.

3.3. TRATOS CULTURAIS

Nos dias 13 e 14 de setembro de 2012 realizou-se o plantio das mudas de eucalipto, em fileiras únicas e em sentido Leste-Oeste. As mudas de altura média de 1,2 m foram plantadas em covas de aproximadamente 40 cm de profundidade, sendo utilizadas 90 mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*Eucalyptus urograndis*). No plantio foram utilizados 30 kg de N.ha⁻¹, 60 kg P₂O₅.ha⁻¹ e 30 kg K₂O.ha⁻¹, segundo a análise de solo (Tabela 1). No mês de janeiro dos anos de 2013 e 2014 mediram-se as alturas dos eucaliptos, que apresentaram, em média, 1,7 e 4,7 m, respectivamente.

Tabela 1. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³						
5,0	24	38	4,0	21	12	38	37	75	49

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

No mês de outubro dos anos de 2012 e 2013, foi realizado um pastejo de uniformização nos piquetes e, em novembro desses mesmos anos, iniciou-se a imposição dos tratamentos, sendo realizados quatro ciclos de pastejo em cada ano. O primeiro ciclo foi realizado no mês de janeiro, o segundo no mês de fevereiro, o terceiro em março e o quarto em abril e maio de 2013.

Para a adubação de manutenção do capim-massai, nos dois anos experimentais, foi utilizado 20 kg de fósforo por hectare, após o pastejo de

implantação dos tratamentos, e 50 kg de nitrogênio por hectare, na forma de ureia, após a saída dos animais dos piquetes. A adubação nitrogenada foi realizada somente nos três primeiros ciclos de pastejo, permanecendo o quarto ciclo sem essa adubação. A adubação do capim-massai no primeiro ano de avaliação foi realizada segundo a análise de solo apresentada na Tabela 1, e no segundo ano utilizou-se a Tabela 2.

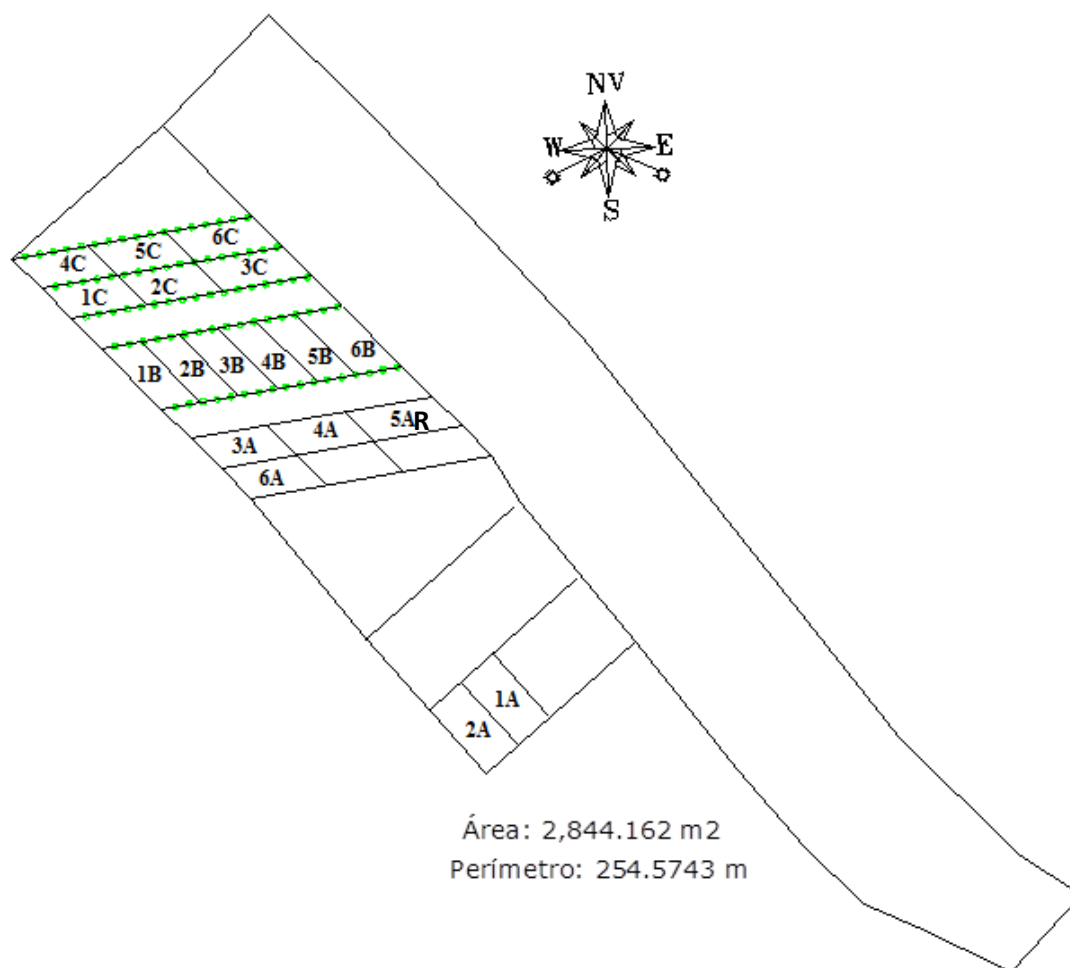
Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³						
5,3	26	30	4,8	34	10	34	42	77	55

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

3.4. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento objetivou avaliar diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em quatro tratamentos: silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE) e um quarto sistema sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação do capim massai (SEPA). A área total do experimento foi de 0,8 hectares divididos em 19 piquetes experimentais com 70 m², sendo seis piquetes de cada tratamento com pastejo (espaçamentos de eucalipto 6,0m X 1,5 m e 12,0m X 1,5 m e sem árvores) e um piquete para o tratamento sem árvores, sem pastejo e sem adubação. O restante da área foi utilizado como reserva experimental (Figura 1).



* A (sem sombra), B (espaçamento 12 m), C (espaçamento 6 m) e R (referência, sem pastejo, árvores e adubação)

Figura 2. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados.

3.5. MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS

O método de pastejo empregado foi lotação intermitente. A entrada dos animais nos piquetes ocorreu com 95% interceptação luminosa (IL) do dossel forrageiro, sendo a IL medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel AccuPAR LP-80 da Decagon (USA). O critério de saída dos animais dos

piquetes foi 20 cm de altura do capim-massai, preconizando três dias de ocupação, pelo ajuste da carga animal e massa de forragem disponível, sendo esses critérios utilizados em todos os tratamentos. Os animais permaneceram oito horas por dia em pastejo, sendo recolhidos após esse período para um galpão com aprisco, onde recebiam sal mineral e água à vontade.

O primeiro ciclo aconteceu no mês de janeiro (CP1), o segundo em fevereiro (CP2), o terceiro em março (CP3) e o quarto nos meses de abril e maio (CP4). Foram utilizados para o pastejo ovinos machos não castrados, com peso médio de 23, 24, 25 e 26,5 kg no primeiro ano de avaliação e, 23, 26, 25 e 24 kg no segundo ano de avaliação, nos CP1, CP2, CP3 e CP4, respectivamente. A lotação por piquete experimental foi, em média, nos três arranjos arbóreos estudados, de 76 UA.ha⁻¹ nos três primeiros ciclos de pastejo e de 67 UA.ha⁻¹ no quarto ciclo no primeiro ano de avaliações. No segundo ano de avaliação foram utilizados em média 77 UA.ha⁻¹ no primeiro e segundo ciclo, 55 UA.ha⁻¹ no terceiro e 46 UA.ha⁻¹ no quarto.

3.6.MEDIDAS DE FLUXO DE N₂O E CH₄ NO SOLO

As estimativas de produção de CH₄ e N₂O no solo foram realizadas pela metodologia de câmaras estáticas. Foram fixadas bases de aço inoxidável a 30 cm de profundidade no solo, de dimensões 60 cm de comprimento e 40 cm de largura e como tampa para as mesmas, utilizou-se bandejas plásticas de 10 cm de altura, nas mesmas dimensões da base, possibilitando encaixe e fechamento, obtendo uma câmara de 24 cm³ de volume, para medição dos fluxos de CH₄ e N₂O, em todos os tratamentos (Figura 3).



Figura 3. Câmara fechada utilizada na amostragem de CH₄ e N₂O, base de aço e bandeja.

Nos tratamentos que possuíam pastejo e adubação (E1, E2 e SE) as câmaras foram alocadas no sexto piquete pastejado, sendo alocadas em zigue-zague, nas entre-linhas do capim (Figura 4). Os demais piquetes pastejados foram utilizados para aclimação dos animais aos arranjos arbóreos.



Figura 4. Localização espacial das câmaras fechada nos piquetes.

As amostras de gases foram coletadas durante 10 dias consecutivos após a retirada dos animais dos piquetes, sempre às nove horas da manhã, conforme preconizado por ALVES et al. (1994). Foram coletadas amostras de gás logo após o fechamento da câmara (tempo zero) e 30 minutos depois. As amostras de gases foram coletadas com o auxílio de seringas com 60 mL, encaixadas em válvulas inseridas na parte superior das bandejas de plástico utilizadas para a vedação das câmaras. Posteriormente, as amostras foram transferidas para frascos de cromatografia de 20 mL submetidos a vácuo de -800 Pa. A determinação da concentração dos gases foi realizada em cromatografia a gás. A pressão do ar foi estimada usando a equação barométrica que considera a altitude do local. Os fluxos dos gases (FG) foram calculados pela equação descrita por BARTON et al., (2008), Equação 1.

$$FG = (\delta C / \delta t) \frac{V/A}{V_c} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: $\delta C / \delta t$ = mudança de concentração do gás na câmara no intervalo de incubação; V = volume da câmara; A = área de solo coberta pela câmara; V_c = volume corrigido para condições normais de temperatura e pressão sendo $V_m = 0,02241 \times (273,15 + \text{temp} / 273,15) \times p_0 / p_1$, onde $0,02241 \text{ m}^3$ é o volume do mol, temp é a temperatura do interior da câmara no momento de amostragem (em graus Celsius), p_0 é a pressão do ar ao nível do mar, e p_1 é a pressão do ar no local de amostragem.

3.7. TEMPERATURA E UMIDADE

As temperaturas, dentro e fora das câmaras estáticas, foram aferidas simultaneamente, com o auxílio de termômetros, todos os dias, no momento da amostragem de CH_4 e N_2O , em cada unidade experimental. Foram também coletadas cinco amostras de solo ao lado de cada câmara estática na camada de 0 a 10 cm, que foram secas em estufa a 105°C por 24 horas, para a cálculo da umidade total do solo.

3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Nas avaliações de fluxo de CH_4 e N_2O no solo, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (E1, E2, SE e SEPA) e cinco repetições, avaliados em medidas repetidas no tempo com dois fatores longitudinais (dois anos de avaliações e quatro ciclos de pastejo (CP) em cada ano).

3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para cada variável analisada, inicialmente selecionou-se a estrutura de covariâncias que melhor representasse as covariâncias entre os níveis dos

fatores longitudinais (Anos e CP). Obtida a estrutura realizou-se a análise da variância usando modelos mistos, considerando tratamentos como o único fator de efeitos fixos. Para as comparações entre CP utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º, 2º e 3º graus) e para os tratamentos teste de comparações múltiplas (Tukey a 5% de probabilidade). As análises foram realizadas no programa estatístico SAS® (Statistical Analysis System) versão 9.3 (2002)

4. RESULTADOS

4.1. FLUXOS DE N₂O DO SOLO

Os resultados da análise de variância para fluxo de N₂O no solo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis de significância associados às causas de variação para fluxo de N₂O do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas.

FV	Tr	Ano	CP	Tr*CP	Tr*Ano	CP*Ano	Tr*Ano*CP
Sign.	*	*	*	ns	*	*	ns

Sign.=significância do teste F, *=(P<0,05) e ns=(P>0,05), FV (fontes de variação) Tr (tratamentos), CP (ciclos de pastejo), Ano (ano experimental) e interações (Tr*Ano; Tr*CP; CP*Ano e Tr*CP*Ano). *Estrutura selecionada = UN@UN (Desestruturada para Anos e para CP).

Pela Tabela 3, foram observados diferença significativa para Tr, Ano, CP e para as interações Tr*Ano e CP*Anos, para os fluxos de N₂O.

No geral, houve diferença significativa entre os tratamentos para os três primeiros ciclos de pastejo (P<0,05), com valores significativamente menores para o tratamento SEPA em relação os demais (Tabela 4). No último ciclo de pastejo não houve diferença significativa entre os tratamentos (P>0,05).

Observa-se que os ciclos de pastejo apresentaram efeito cúbico nos tratamentos SE, E1 e E2 ($P < 0,05$) e não diferiram significativamente ($P > 0,05$) para o tratamento SEPA.

Em relação aos anos, o ciclo de pastejo apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) no primeiro ano de avaliação e, efeito cúbico no segundo ano. Para todos os ciclos de Pastejo, o Ano 1 o fluxo de N_2O diferiu do Ano 2 ($P < 0,05$), com valores maiores para o Ano 1.

Tabela 4 – Média do fluxo de N_2O do solo (μg de N_2O $m^{-2}.d^{-1}$) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas, durante ciclos de pastejo sucessivos, em dois anos de avaliação.

		CP ⁽¹⁾				Efeito ⁽⁴⁾	Média
		CP1	CP2	CP3	CP4		
Tr ⁽²⁾	SEPA	3,96B ⁽⁴⁾	0,17B	-10,69B	-1,47A	ns	-1,92
	SE	11,18A	26,72A	14,62A	-1,54A	C	13,16
	E1	13,47A	41,19A	10,27A	-1,90A	C	13,47
	E2	17,7A	10,27A	11,66A	-0,12A	C	13,66
Anos ⁽³⁾	1	23,96A	31,08A	13,2A	-1,91A	Q	17,35
	2	-0,76B	18,24B	-3,27B	-0,61B	C	3,40

⁽¹⁾ CP: ciclos de pastejo CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio). ⁽²⁾ Tr: tratamentos (SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação; SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m). ⁽³⁾ 1º ano agroestológico (2012 e 2013) e 2º ano agroestológico (2013 e 2014). ⁽⁴⁾ L (linear), Q (quadrático) e C (cúbico); ($\alpha=5\%$). Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si (Tukey, $\alpha=5\%$).

Nas Figuras 5 e 6 apresentam-se as variações do fluxo de N_2O nos dez dias consecutivos de observações. Na Figura 2 observa-se que os fluxos de N_2O no primeiro ano de pastejo apresentaram um aumento a partir do segundo ou terceiro dia de avaliação, nos tratamentos SE, E1 e E2. Por outro lado o tratamento SEPA apresentou valores negativos ou próximos de zero. Já no quarto ciclo de pastejo desse mesmo ano, observamos que os valores de fluxo de N_2O para todos os tratamentos estudados apresentaram valores negativos ou próximos de zero durante todo o período de coleta.

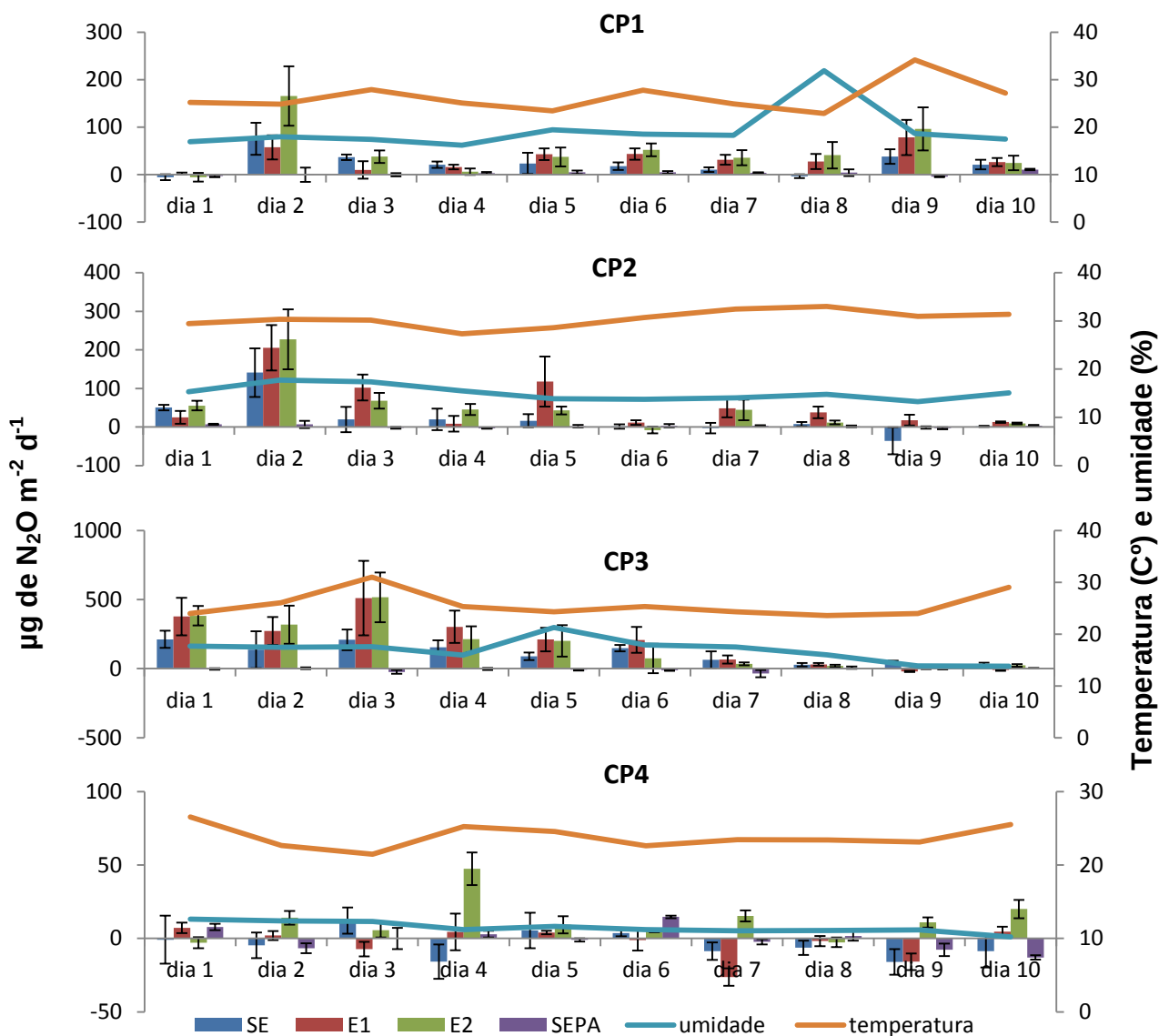


Figura 5. Fluxos de N₂O, temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).

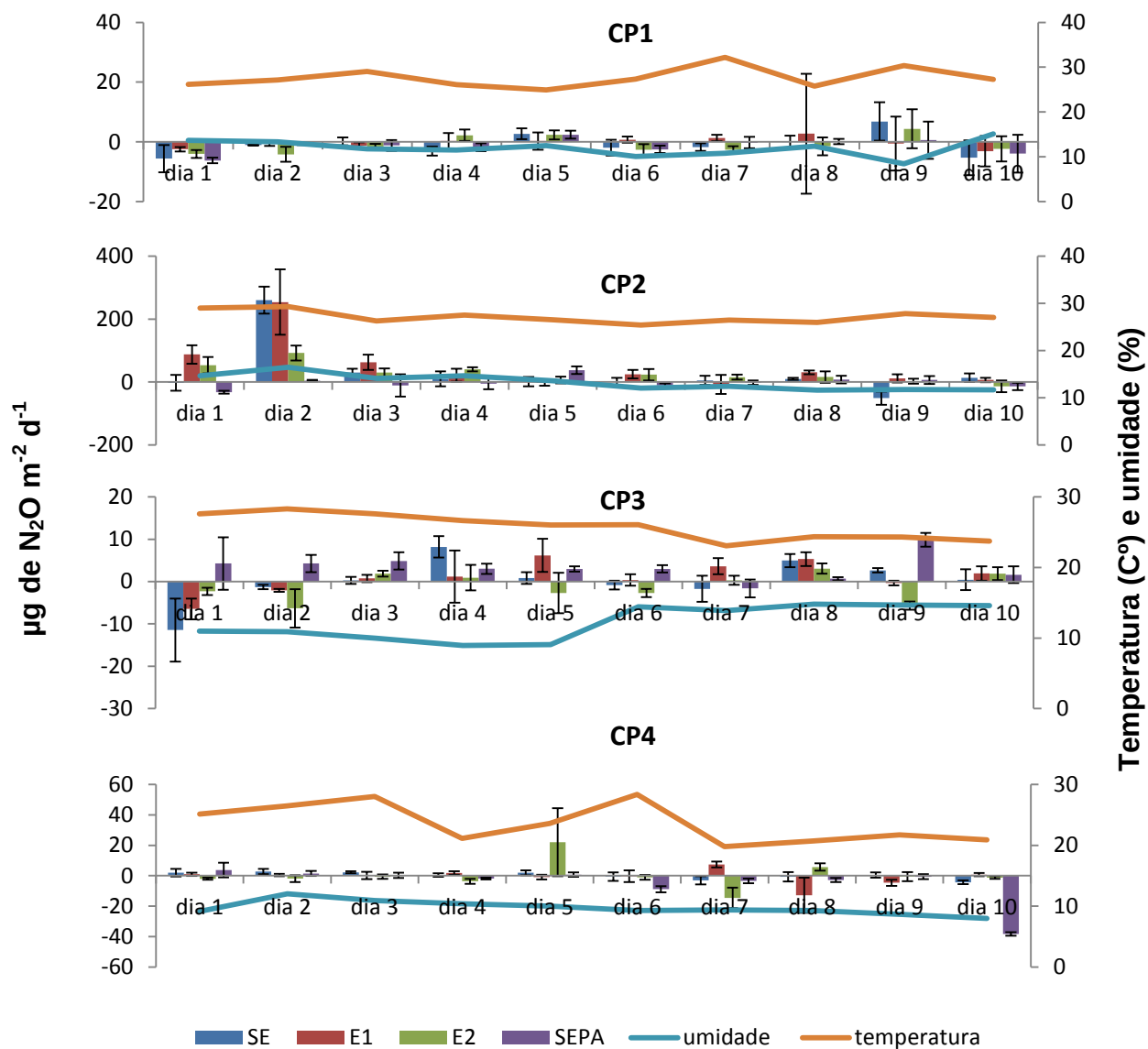


Figura 6. Fluxos de N_2O , temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no segundo ano de avaliação. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).

No segundo ano de pastejo não houve o mesmo padrão de emissão encontrado no primeiro ano de experimento no fluxo de N_2O (Figura 6). Somente no segundo ciclo de pastejo os tratamentos E1 e E2 apresentaram comportamento semelhante aos encontrados nesses mesmos arranjos no primeiro ano de pastejo, obtendo emissões maiores de N_2O no segundo dia de coleta de dados.

O ajuste linear entre fluxo de N_2O e temperatura ou umidade, independente do ciclo de pastejo, do tratamento e do ano experimental, na mostraram correlação positiva ($P < 0,05$), ou seja, com aumento da temperatura e umidade, aumentou emissão de N_2O (Figura 7).

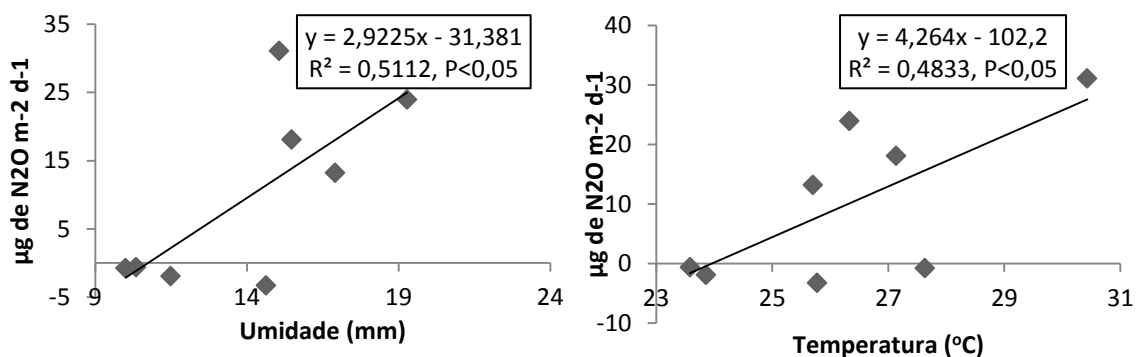


Figura 7. Relação entre N_2O e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo nos dois nos anos experimentais (média dos arranjos por ciclo).

Na Figura 8, apresentam-se os gráficos de dispersão e os resultados da análise de regressão linear do fluxo de N_2O com umidade e temperatura, por tratamento, independente dos ciclos de pastejo e anos experimentais. Observa-se que a emissão de N_2O , para todos os tratamentos (arranjos arbóreos), não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) com umidade nem com temperatura.

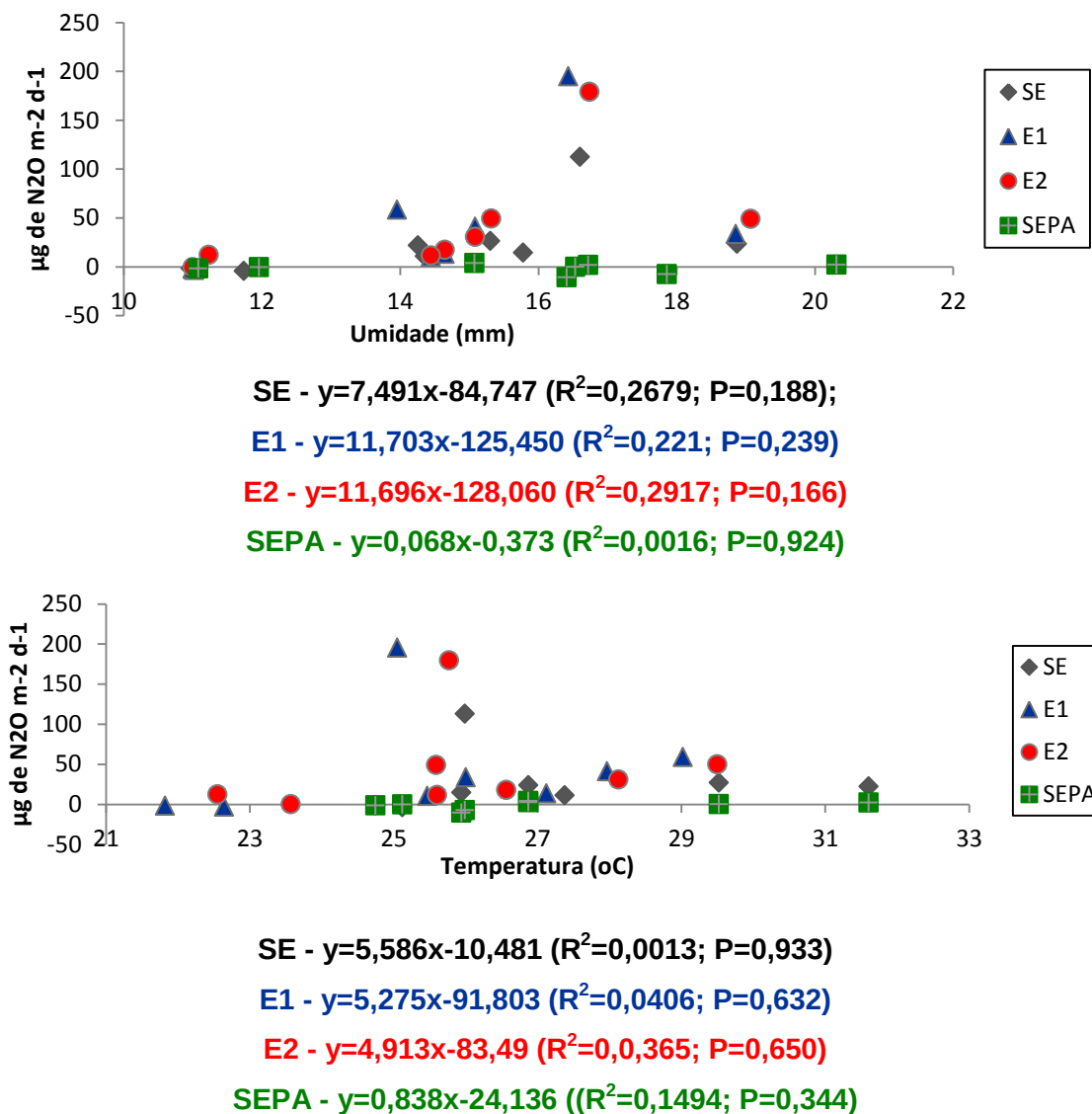


Figura 8. Relação entre N₂O e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos nos diferentes sistemas estudados (SE, E1, E2 e SEPA).

4.2. FLUXOS DE CH₄ DO SOLO

Os resultados da análise de variância do fluxo de CH₄ do solo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Níveis de significância associados às causas de variação para fluxo de CH₄ do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas.

FV	Tr	Ano	CP	Tr*CP	Tr*Ano	CP*Ano	Tr*Ano*CP
Sign.	ns	ns	*	ns	ns	*	ns

Sign.=significância do teste F, *=(P<0,05) e ns=(P>0,05), FV (fontes de variação) Tr (tratamentos), CP (ciclos de pastejo), Ano (ano experimental) e interações (Tr*Ano; Tr*CP; CP*Ano e Tr*CP*Ano). *Estrutura selecionada = UN@UN (Desestruturada para Anos e para CP).

Observa-se que não houve efeito significativo no fluxo de CH₄ do solo (P>0,05) para Tr, Anos e as interações Tr*CP, Tr*Anos e Tr*Ano*CP (P>0,05). As médias para fluxo de CH₄ do solo para os tratamentos SEPA, SE, E1 e E2 foram -5,57, -12,50, -1,27 e -2,63, respectivamente.

Observa-se que no Ano 1 o fluxo de CH₄ apresentou efeito linear decrescente (P<0,05) para os ciclos de pastejo e no Ano 2 não foi observado efeito significativo (P>0,05) (Tabela 6).

Dentro de cada ciclos de pastejo, os resultados para fluxo de CH₄ do solo foram significativos (P<0,01) apenas no primeiro ciclo de pastejo.

Os fluxos de CH₄ durante os 10 dias de coletas durante os ciclos de pastejos nos dois anos experimentais estão expostos nas Figuras 9 e 10. Observa-se que os fluxos de CH₄, independente do tratamento, no primeiro e segundo anos de avaliações, apresentaram em sua maioria valores negativos.

Tabela 6. Médias do fluxo de CH₄ do solo (µg de CH₄ m⁻² d⁻¹) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, durante ciclos de pastejo sucessivos, em dois anos de avaliação.

		CP1 ¹	CP2	CP3	CP4		
Anos ⁽²⁾	1	31,20A	-6,82A	-6,98A	-35,16A	L	-4,44
	2	-13,04B	-6,89A	-1,35A	-4,93A	ns	-6,55
	Média	9,08	-6,85	-4,11	-20,04		

⁽¹⁾ CP: ciclos de pastejo CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio). ⁽²⁾ 1º ano agroestológico (2012 e 2013) e 2º ano agroestológico (2013 e 2014). ⁽³⁾ L (linear), Q (quadrático) e C (cúbico) (α=5%). Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si (Tukey, α=5%).

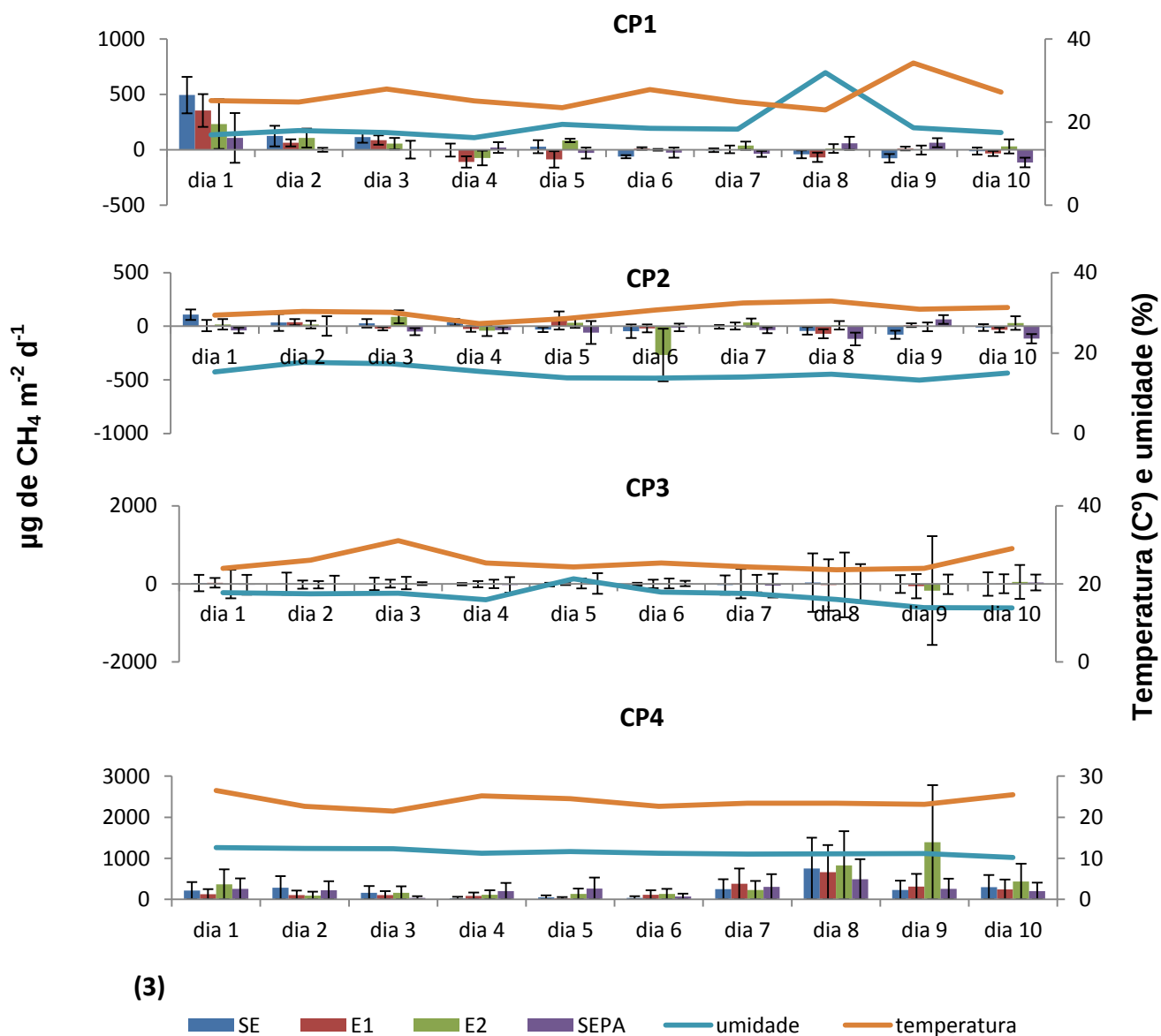


Figura 9. Fluxos de CH_4 , temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).

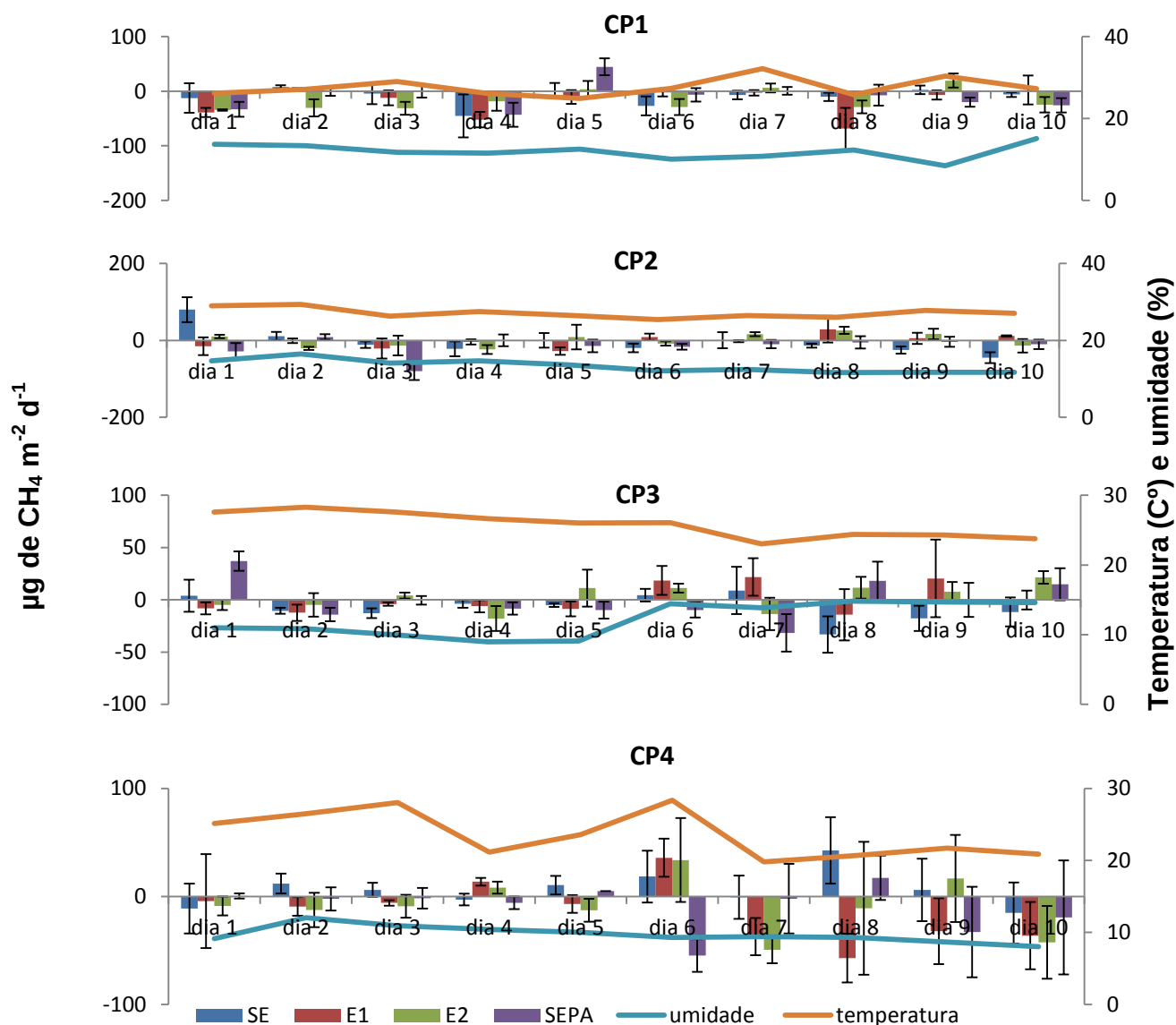


Figura 10. Fluxos de CH₄, temperatura e umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, em quatro ciclos de pastejo sucessivos, no primeiro ano de avaliação. Barras representam erro padrão da média. Tratamentos: SE: sem eucalipto; E1: espaçamento entre eucaliptos de 6 m; E2: espaçamento entre eucaliptos de 12 m; SEPA: sem eucalipto, sem pastejo e sem adubação. Ciclos de pastejo: CP1 (janeiro), CP2 (fevereiro), CP3 (março) e CP4 (abril e maio).

Na figura 11, observa-se que não foi significativa a relação linear entre fluxo de CH₄ e temperatura ou umidade do solo, independente do ciclo de pastejo, do tratamento e do ano experimental ($P>0,05$).

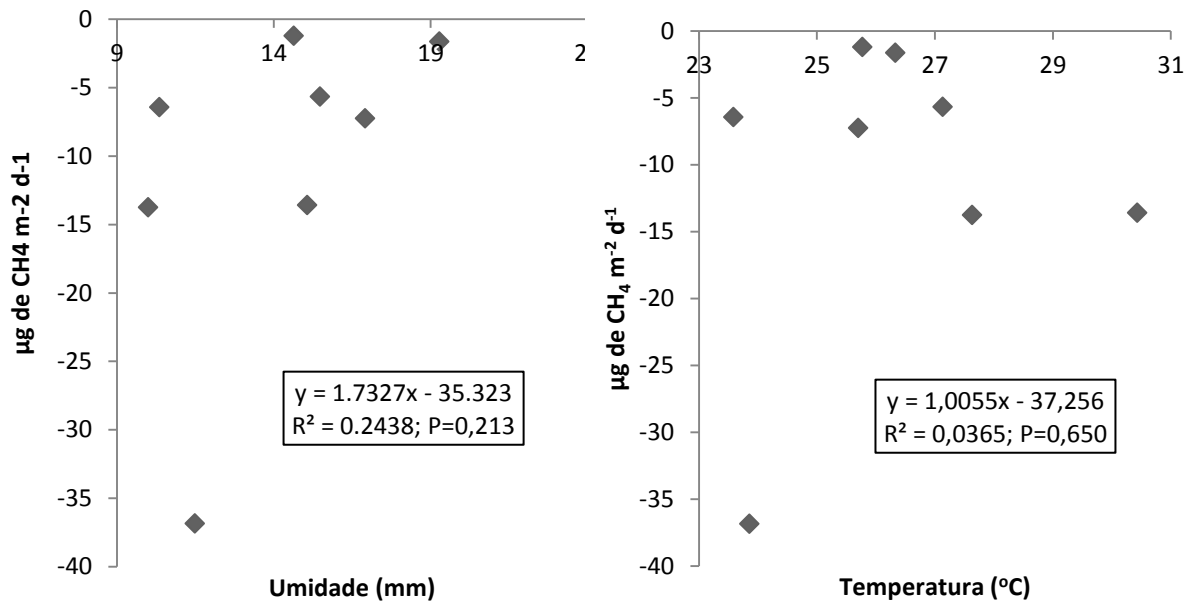
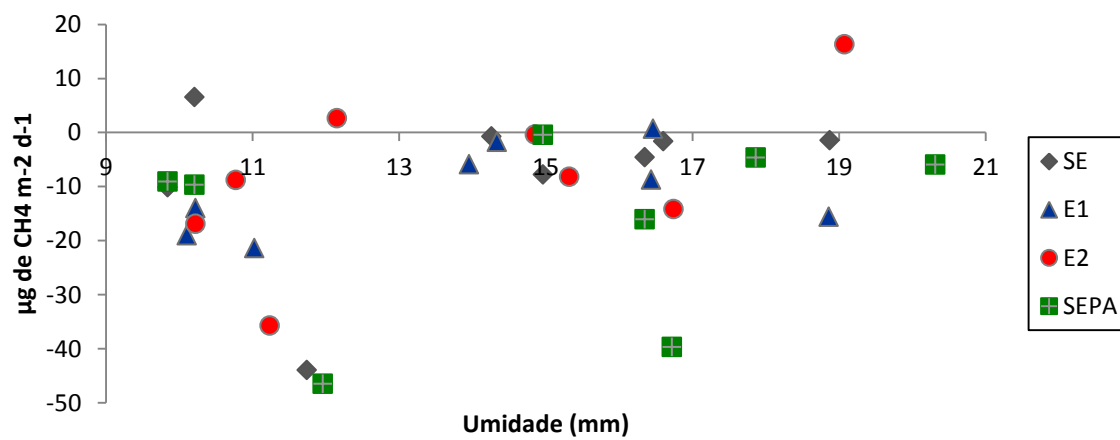


Figura 11. Relação entre CH₄ e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo nos dois anos experimentais (média dos arranjos por ciclo).

Na Figura 12 observa-se que a emissão de CH₄, por tratamento (SE, E1, E2 e SEPA), independente dos ciclos de pastejo e anos experimentais, não apresentou relação linear significativa ($P>0,05$) com umidade nem com temperatura do solo.

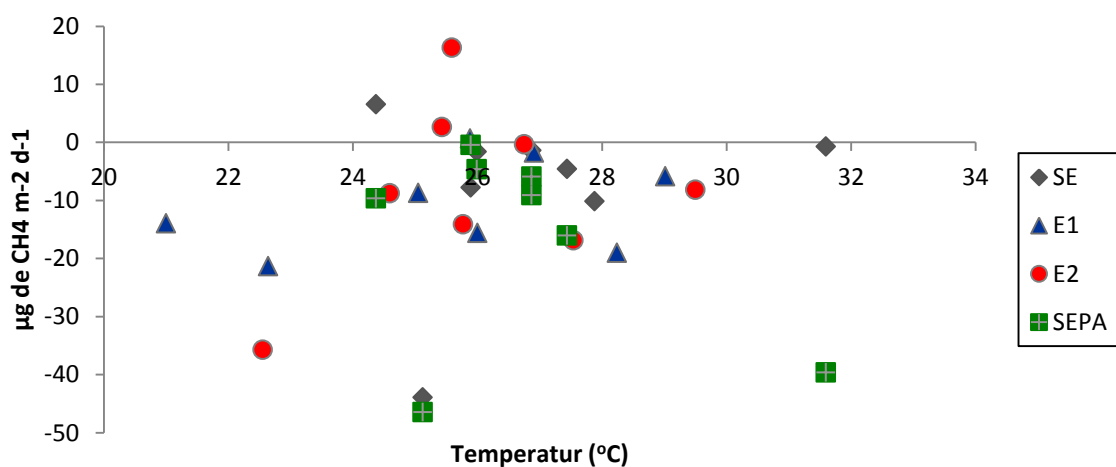


SE - $y = 1,2743x - 25,91$ ($R^2 = 0,0722$; $P = 0,519$)

E1 - $y = 1,1936x - 27,302$ ($R^2 = 0,2323$; $P = 0,226$)

E2 - $y = 2,8886x - 47,972$ ($R^2 = 0,3606$; $P = 0,115$)

SEPA - $y = 0,7067x - 26,917$ ($R^2 = 0,0243$; $P = 0,712$)



SE - $y = 1,5759x - 50,32$ ($R^2 = 0,0521$; $P = 0,586$)

E1 - $y = 1,0442x - 37,406$ ($R^2 = 0,122$; $P = 0,396$)

E2 - $y = 2,4793x - 72,502$ ($R^2 = 0,1105$; $P = 0,421$)

SEPA - $y = 2,9734x - 63,12$ ($R^2 = 0,1454$; $P = 0,351$)

Figura 12. Relação entre CH₄ e temperatura ou umidade em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos nos diferentes sistemas estudados (SE, E1, E2 e SEPA).

5. DISCUSSÃO

A introdução de árvores no sistema pastoril não modificou o fluxo de N_2O e CH_4 no solo, pois não houve efeito significativo entre os arranjos arbóreos sem árvores e com espaçamento de 6 e 12 m (Tabela 5). Os renques de eucaliptos no presente estudo não forneceram área de sombra suficiente para modificar os parâmetros de qualidade e quantidade de luz que incidia sobre o dossel forrageiro, não modificando assim os processos biológicos e, conseqüentemente, a emissão de gases no sistema (SCHINDLBACHER et al., 2004; HAYNES & WILLIAMS, 1993). Estudos indicam que o nível de sombreamento e o estágio de desenvolvimento das árvores interferem nos parâmetros de temperatura e umidade. Souza et al. (2010) em experimento com diferentes alturas de eucaliptos (8, 18 e 28 m) em sistema silvipastoril, observaram que o aumento das altura das árvores influenciou negativamente na carga térmica radiante.

Observando somente o tratamento SEPA constata-se que esse apresentou valores menores se comparado aos outros tratamentos até o terceiro ciclo de pastejo, e no quarto ciclo de pastejo os valores foram iguais em todos os tratamentos. O aporte de nitrogênio no solo está diretamente associado às emissões de N_2O , assim a falta de disponibilidade desse elemento no tratamento sem árvores, pastejo e adubação e, a não adubação nitrogenada no quarto ciclo de pastejo nos demais tratamentos, levou ao consumo de N_2O (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; RAFIQUE et al., 2011). Dobbie et al. (1999) em avaliações em diferentes sistemas agrícolas observou que o aumento do aporte de nitrogênio no solo é diretamente responsável pelo aumento da emissão de N_2O , e quando as concentrações de nitrato no solo foram abaixo de $5 \text{ mg N-NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ as emissões de N_2O foram praticamente inexistentes ou negativos.

Comparando-se a média geral de N_2O ($10,37 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), pode-se constatar em outros trabalhos com sistemas silvipastoris e pastoris, valores tanto maiores quanto menores aos encontrados no presente trabalho.

Erickson et al. (2001), em experimento com diferentes sistemas florestais e pastoris na Costa Rica, observaram que em florestas fertilizadas há maiores emissões de N_2O ($2,15 \text{ g de N}_2\text{O m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e, menores emissões em florestas não adubadas sem presença de árvores leguminosas ($0,008 \text{ g de N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Rafique et al. (2011), comparando diferentes sistemas pastoris na Irlanda, observaram uma grande variação na emissão de N_2O com alterações no manejo e principalmente com a forma e a frequência da adubação nitrogenada, obtendo valores entre $-0,15 \text{ } \mu\text{g de N}_2\text{O m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ à $0,76 \text{ } \mu\text{g de N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Estas variações da emissão de N_2O são inerentes principalmente à disponibilidade de nitrogênio e ao tipo de solo encontrado no presente trabalho, em comparação aos trabalhos citados, à quantidade e a disponibilidade de nitrogênio no solo alteram os processos de nitrificação e desnitrificação modificando a emissão desse gás (KAUR et al., 2002; SHINLBACHER et al., 2004; RAFIQUI et al., 2011).

Em relação a fluxo de CH_4 o tratamento SEPA não apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos, apresentando consumo de CH_4 em todos os tratamentos estudados. Em solos que apresentam drenagem e aeração a produção de CH_4 apresenta pouca expressão e há a prevalência de consumo desse gás. Isso ocorre, pois bactérias metanotróficas utilizam moléculas de CH_4 na presença de oxigênio para produzir energia eliminando CO_2 (ZEISS, 1996; McDONALD et al., 2008). Saggar et al. (2007) em estudo CH_4 de solos em pastejo de ovinos, encontraram consumo de CH_4 nos tratamentos com e sem pastejo de ovinos, apresentando em seus estudos consumo entre $1,7$ a $0,05 \text{ g de C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

As variações climáticas (temperatura, umidade) e ou a disponibilidade de nutrientes relacionada aos pastejos sucessivos no estudo em questão alteraram os fluxos N_2O e CH_4 . A emissão desses gases está diretamente associada à atividade microbiológica e, essa está integrada a fatores climáticos e disponibilidade de nutrientes, assim variações nessas condições afetam a produção e posterior emissão de N_2O e CH_4 (CHRISTOPHERSEN et al., 2001; SILVA-PANPO et al., 2002).

A redução evidenciada do fluxo de N_2O após o segundo ciclo e, a queda na emissão de N_2O entre o primeiro ao segundo ano de avaliações nos tratamentos com pastejo e adubação, está diretamente ligada à diminuição da temperatura e umidade que ocorreram após o mês de fevereiro e março, e redução expressiva na quantidade de chuvas evidenciada no segundo ano de avaliações. As correlações entre fluxo de N_2O e, temperatura e umidade em relação ao ano experimental (Figura 7), demonstra que há uma correlação positiva entre essas variáveis, assim com o aumento da temperatura e umidade também se constata a elevação da emissão de N_2O . O aumento da temperatura afeta os fluxos de N_2O com a aceleração dos processos biológicos e, assim as reações enzimáticas aumentando as taxas de desnitrificação e nitrificação o que favorece a emissão de N_2O (RUZ-JEREZ et al., 1994; SKIBA & SMITH, 2000; SILVA-PANPO et al., 2002). O enchimento dos espaços porosos do solo proporcionado pela maior quantidade de umidade leva a formação de um ambiente anaeróbico o que aumenta os processos de desnitrificação e com isso a emissão de N_2O (DOBBIE et al. 1999, DICK et al.; 2001). Rudaz et al. (1999) em experimento em pastos na Suíça, também observaram que a emissão de N_2O está diretamente relacionada à umidade do solo, evidenciando que o aumento da umidade propicia também acréscimo da emissão de N_2O .

A relação entre a disponibilidade de nitrogênio e emissões de N_2O fica evidente quando observa-se a Figura 5 e 6, onde os picos de emissão ocorreu nos três primeiros dias de avaliações nos ciclos de um, dois e três, no primeiro ano de avaliação de pastagem e no segundo ciclo do segundo ano. Isso é explicado pela adição de nitrogênio pelas fezes e urina dos animais durante os dias de pastejo, e também posteriormente pela adubação nitrogenada (DOBBIE et al, 1999;. KAUR et al., 2002). Clayton et al. (1994), encontraram que os picos de emissão de N_2O acontecem em média nos cinco primeiros dias de avaliações, diminuindo gradativamente após esse período, demonstrando assim o rápido processo de nitrificação e desnitrificação em condições ideais de temperatura e umidade. Schils et al (2008), em estudo

com múltiplas fontes de nitrogênio em pastagens, encontraram que as maiores emissões do gás N_2O se encontravam na primeira semana de avaliação, sendo que após esse período a média dos tratamentos com aplicação de nitrogênio foi equiparando-se as médias do tratamento controle.

Em relação à emissão de CH_4 as mudanças impostas pelos ciclos de pastejo sucessivos podem explicar o efeito linear decrescente no fluxo de CH_4 no primeiro ano de avaliação, esse comportamento está relacionado às principalmente pela concentração de matéria orgânica no solo. Podemos observar que houve emissão de CH_4 somente no primeiro ciclo de pastejo no primeiro ano de avaliação, sendo que após esse momento o consumo de CH_4 predominou e, intensificou-se com o decorrer dos ciclos (Tabela 7). Esta emissão está relacionada ao fato de que antes do primeiro ciclo de pastejo, durante o ano de 2012, quando o sistema silvipastoril foi implantado, não ocorreram pastejos e o solo recebeu grande quantidade de matéria orgânica decorrente da senescência do dossel forrageiro. Essa matéria orgânica acumulada, com o aumento da umidade e temperatura que ocorre nos meses de verão, foi intensamente consumida pela massa microbiana provocando, assim, emissão de CH_4 (DUNFIELD et al., 1993; HAYNES & WILLIAMS, 1993; TOKIDA et al., 2011; ROSS et al., 2013).

Houve também estímulo para o aumento da atividade microbiana e conseqüentemente maior emissão de CH_4 , com adição de nitrogênio no sistema. Na Figura 8A no primeiro ano experimental, observamos que emissão de CH_4 ocorreu de maneira mais expressiva nos três primeiros dias de avaliação de fluxo de CH_4 no solo. Esses picos de emissão de CH_4 são explicados, pois houve acúmulo de nitrogênio no sistema pela adição de fezes e urina dos animais, e adição de adubo nitrogenado após o pastejo. Hatch et al. (2000), compararam diversas fontes de adubação nitrogenada em pastagens (esterco, adubo nitrogenado e sem adubação) e, constataram que a adubação nitrogenada aumenta a atividade microbiana acelerando os processos biológicos de respiração celular.

6. CONCLUSÃO

O sistema silvipastoril em fase de implantação não modificou os fluxos de N_2O e CH_4 . Os fluxos desses gases somente foram afetados pelas variações sazonais de temperatura e umidade e, por mudanças na disponibilidade ou fornecimento de nutrientes no sistema, no decorrer dos ciclos de pastejo.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. C. F.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Métodos de Determinação do Nitrogênio Em Solo e Planta. In: Araújo, R. S.; Hungria, M. (Org.). **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia Agrícola**, p. 449-469, 1994.
- BARTON, L.; KIESE, R.; GATTER, D.; BUTTERBACK-BAHL, K.; BUCK, R.; HINZ, C. e MURPHY, D. V. Nitrous oxide emissions from a cropped soil in a semi-arid climate. **Global Change Biology**, v.14, p.177-192, 2008.
- CASTRO, A.C.; LORENÇO JUNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, A. B.; GARCIA, A.R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2395-2402, 2008.
- CHRISTOPHERSEN, M., KJELDSEN, P., HOLST, H., CHANTON, J. Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation. **Waste Management and Research**, v.19, p.595-612, 2001.
- CLAYTON, H, ARAH, J.R.M & SMITH, K.A. Measurement of nitrous oxide emissions from fertilized grassland using closed chambers, **Journal of Geophysical Research**, v. 99, p. 16599-16607, 1994.
- DICK, J., SKIBA, U. & WILSON, J. The effect of rainfall on NO and N_2O emissions from Ugandan agroforest soils. **PhytonAnnales Rei Botanicae**, v.41, p.73–80, 2001.

- DOBBIE K.E., MCTAGGART I.P., SMITH K.A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: variations between crops and seasons; key driving variables; and mean emission factors. **Journal of Geophysical Research**, v.104, p.26891–26899, 1999.
- DUNFIELD, P.; KNOWLES, R.; DUMONT, R.; MOORE, T.R. Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils: response to temperature and pH. **Soil Biology & Biochemistry**, v 25, p.321-326, 1993.
- ERICKSON H.E., KELLER M. AND DAVIDSON E.A. Nitrogen oxide fluxes and nitrogen cycling during post agricultural succession and forest fertilization in the humid tropics. **Ecosystems**, v.4, p.67– 84, 2001.
- HATCH, D.J.; LOVELL, R.D.; ANTIL, R.S.; JARVIS, S.C. & OWEN, P.M. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biol. Fert. Soils**, v 30, p 288-293, 2000.
- HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.
- IPCC - Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007.
- KAUR, B.; GRUPTA, S.R.; SINGH, G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in northwestern India. **Agroforestry Systems**, v.54, n.1, p.21-29, 2002.
- KEBREAB, E.; CLARK, K.; WAGNER-RIDDLE, C. & FRANCE, J. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. **Journal Animal Science**, v.86, p.135-158, 2006.

- KREUZER, M.; HINDRICHEN, 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.
- LIMA, M.A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.19 n.3, p.451-472, 2002.
- McDONALD I.R., BODROSSY L., CHEN Y. & MURRELL J.C. Molecular ecology techniques for the study of aerobic methanotrophs. **Applied Environmental Microbiology**, v.74, p.1305-1315, 2008.
- PERON, A. J, EVANGELISTA, A. R, Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência Agrotecnica**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.
- RAFIQUE, R.; HENNESSY, D.; KIELY, G. Nitrous oxide emission from grazed grassland under different management systems. **Ecosystems**, v. 14, p.563–582, 2011.
- ROSS, D.J.; NEWTON, P.C.D.; TATE, K.R.; LUO, D. Impact of a low level of CO₂ enrichment on soil carbon and nitrogen pools and mineralization rates over ten years in a seasonally dry, grazed pasture. **Soil Biology and Biochemistry**, v 58, p 265-274, 2013.
- RUDAZ, J., WALTI, E., KUBURZ, G., LEHMANN, P., FUHRER, J. Temporal variation in N₂O and N₂ fluxes from permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and soil temperature. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.73, p.83-91, 1999.
- RUZ-JEREZ, B.E.; WHITE, R.E.; BALL, P.R. Long-term measurement of denitrification in three contrasting pastures grazed by sheep, **Soil Biology & Biochemistry**, v. 26, p.29–39, 1994.
- SAGGAR, S., HEDLEY, C. B., GILTRAP, D. L., LAMBIE, S. M. Measured and modeled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 122, p. 357-365, 2007.
- SAS, Statistical Analyses System Institute “SAS User’s Guide: Statistic”. SAS Institute INC., Cary, NC, 2002.

- SCHILS R. L. M.; VAN GROENIGEN J. W.; VELTHOF G. L.; KUIKMAN P. J. Nitrous oxide emissions from multiple combined applications of fertiliser and cattle slurry to grassland. **Plant Soil**, v.310, p. 89–101, 2008.
- SCHINDLBACHER, A.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; BUTTERBACH-BAHL, K. Effects of soil moisture and temperature on NO, NO₂, and N₂O emissions from European forest soils. **Journal of Geophysical Research**, v.109: p.17302, 2004.
- SILVA-PANPO, F.J.; HERNANDEZ, M.P.G.; LORENZO, M.J.R. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. **Agroforestry Systems**, v. 56, p. 203–211, 2002.
- SKIBA, U. SMITH, K.A. The control of nitrous oxide emissions from agriculture and natural soil. **Chemosphere: Global Change Sci**, v.2(3-4), p.379-386, 2000.
- SOUZA, W.; BARBOSA, O.R.; MARQUES, J.A.; COSTA, M.A.T.; LIMBERGER. Microclima em sistemas silvipastoris com eucalipto em renques com diferentes alturas. **R. Bras. Zootec** , vol.39, n.3, p. 685-694, . 2010.
- TOKIDA, T.; ADACHI, M.; CHENG, W. G.; NAKAJIMA, Y.; FUMOTO, T.; MATSUSHIMA, M; NAKAMURA, H.; OKADA, M.; SAMESHIMA, R.; AND HASEGAWA, T. Methane and soil CO₂ production from current season photosynthates in a rice paddy exposed to elevated CO₂ concentration and soil temperature. **Glob. Change Biol.**, v 17, p.3327–3337, 2011.
- US.Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS) **Topographic Lidar: Eastern Connecticut**, 2010.
- ZEISS, C.A. Accelerated methane oxidation cover system to reduce greenhouse gas emissions from MSW landfills in cold, semi-arid regions. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 176, p. 285-306, 1996.

CAPITULO 3

FLUXO DE CO₂ DO SOLO EM IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA AGROSILPASTORIL COM PASTEJO DE OVINOS.

1. RESUMO

A queima de combustíveis fósseis e o mau uso da terra no setor agropecuário vem elevando a concentração de CO₂, o que provoca o aumento da temperatura global causando um desequilíbrio climático, assim o uso de sistemas integrados como o agrosilvipastoril é de vital importância na mitigação desse gás. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a emissão de dióxido de carbono (CO₂) em solos cultivados em consórcio com milho e capim-massai, com posterior implantação de sistema silvipastoril com pastejo de ovinos. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, no período de abril a maio de 2012 e, de fevereiro de 2013 a setembro de 2014. Foi avaliada semanalmente a emissão de CO₂ do solo no consórcio milho e capim-massai, no período de 15 dias antes da colheita do milho e um mês após. As avaliações de CO₂ também foram realizadas a cada 15 dias nos diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em três tratamentos: silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE), em delineamento inteiramente casualizado, com medidas repetidas no tempo com dois fatores longitudinais (dois anos de avaliações e duas estações agrostológicas: período seco e chuvoso). A emissão CO₂ no consórcio milho e capim-massai se mantiveram constantes uma semana após a colheita do milho, tendo em média com valores de 2,43 $\mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Duas semanas após a colheita houve queda na emissão de CO₂ de 34,98 %, ou 0,85 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. As médias de emissão

de fluxo de CO_2 no sistema silvipastoril não diferiram entre os tratamentos ($P < 0,05$). No período chuvoso foram observados maiores valores de emissão de CO_2 , quando comparados ao período seco ($P > 0,05$), com redução de 44,46% na emissão de $2,33 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Comparando os anos de coleta observa-se que no primeiro ano obteve valores maiores de emissão de CO_2 em relação ao segundo ano de coleta ($P > 0,05$), sendo essa redução de 16,44%, ou, $0,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Dessa forma, podemos concluir que a colheita do milho diminui a emissão de CO_2 no solo. Já a introdução de árvores no sistema pastoril não modificou as emissões desse gás. A emissão somente foi modificada por fatores climáticos. Estes resultados podem ser justificados pela fase em que se encontra o sistema silvipastoril, fase de implantação, na qual os eucaliptos mediam em média 1,7 e 4,7 m, respectivamente, no primeiro e segundo anos de avaliação, não propiciando, portanto, o sombreamento esperado num neste sistema silvipastoril.

2. INTRODUÇÃO

O equilíbrio climático em nosso planeta necessita da manutenção da concentração dos gases que mantem o efeito estufa. O efeito estufa, em si, é de vital importância para a manutenção da vida, pois mantém a temperatura em níveis adequados. Contudo o aumento acelerado da emissão de dióxido de carbono (CO_2), principal gás de efeito estufa, gerado em sua maior parte pela atividade antrópica das últimas décadas, esta causando um desequilíbrio climático em todo o planeta (IPPC, 2007).

A agropecuária se insere nesse contexto como um importante setor emissor de CO_2 , contribuindo com cerca de 25% do montante produzido pela atividade antropogênica (IPPC, 2007). Entre as atividades agropecuárias que mais contribuem para o aumento da emissão de CO_2 , podemos citar o preparo intensivo do solo, a queimada de biomassa e a abertura de novas áreas para o cultivo, essas práticas agrícolas retiram o carbono que está

inserido no sistema e o transloca para a atmosfera (IPCC, 2007; BORKEN et al., 2002; ESCOBAR et al., 2010).

Assim o uso de sistemas integrados, como é o caso do agrosilvipastoril se insere como uma forma de melhorar o uso dos sistemas agrícolas e, conseqüentemente, mitigar a emissão de gases de efeito estufa. O agrosilvipastoril consiste na implantação de três sistemas produtivos, uma lavoura agrícola, pastagens e plantio de árvores em uma mesma área e em sequência, visando à maximização dos potenciais de cada cultura (VILELA et al. 2011).

A implantação inicial da cultura agrícola em consórcio com a espécie forrageira auxilia na revitalização inicial em áreas degradadas e em processo de erosão, aumentando o estoque de carbono no solo e, diminuindo a emissão de CO₂ (CARBARDELLA & ELLIOTT, 1992; SILVA-PANPO et al., 2002; SOUZA et al. 2007). Salton et al. (2011) em experimento com diferentes sistemas de produção e vegetação nativa, em Macaruja e Campo Grande, MS, Brasil, em solos observaram que a adoção do sistema lavoura-pecuária acrescentou carbono no solo, apresentando maior quantidades desse elemento no solo dessas áreas se comparado com lavouras anuais.

A adoção posterior à colheita da cultura anual do sistema silvipastoril modifica todo o microclima do dossel forrageiro, diminuindo a incidência de luz sobre o solo e, assim, diminuindo a temperatura. A diminuição da temperatura desacelera os processos biológicos de decomposição da matéria orgânica contida no solo, acrescentando carbono no sistema e, favorecendo a mitigação de CO₂ (KAUR et al., 2002; BORTOLON et al., 2009; BRITO et al., 2015). Brito et al. (2015), observaram relação positiva entre a emissão de CO₂ e o aumento da temperatura, evidenciando que nos meses mais quentes do ano há maior emissão desse gás. Seppänen (2002) observou que plantações de eucalipto capturam grandes quantidades de carbono atmosférico, podendo absorver de 320 a 610 t/ha de CO₂ em sete anos. Howlett et al. (2011), em estudo com *Pinus radiata* D. Don e *Betula pendula* Roth, em sistema silvipastoril, observaram maior estoque de carbono em solos com a presença

de árvores, esses autores relataram que o aumento de carbono nos solos se deve a exploração das raízes das árvores, que quando morrem elevam o estoque de carbono nas camadas exploradas.

Contudo a dinâmica do carbono em solos em sistemas agrosilvipastoris ainda carece de maiores estudos, principalmente em regiões de clima tropical, como é o caso do Brasil. Segundo a literatura a integração de vários sistemas de uso da terra, como o sistema agrosilvipastoril, modifica todos os processos macro e microbiológicos no solo, alterando toda a dinâmica de emissão de CO₂ no sistema. Assim para identificar essa variação foram aferidos os fluxos de CO₂. Assim objetivou-se estudar a emissão de CO₂ em solos cultivados em consórcio com milho e capim-massai, e posterior sistema silvipastoril, fase de implantação, com pastejo de ovinos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp, Campus de Jaboticabal, SP. Localizada a 21°14'05"S de latitude sul, longitude de 48°17'09" W, a altitude de 598 m. O período experimental foi de outubro de 2012 á maio de 2013 e, de outubro de 2013 a maio de 2014 compreendendo dois verões agrostológicos. O solo da área experimental é classificado como Clayey Oxisol segundo USDA-NRCS (2010) ou como Latossolo Vermelho Distrófico, típico, textura argilosa A moderado, caulínico, hipoférrico, com relevo suavemente ondulado segundo EMBRAPA (2006).

O clima predominante de Jaboticabal, SP, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

A precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima, obtidas na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, são apresentadas na Figura 1.

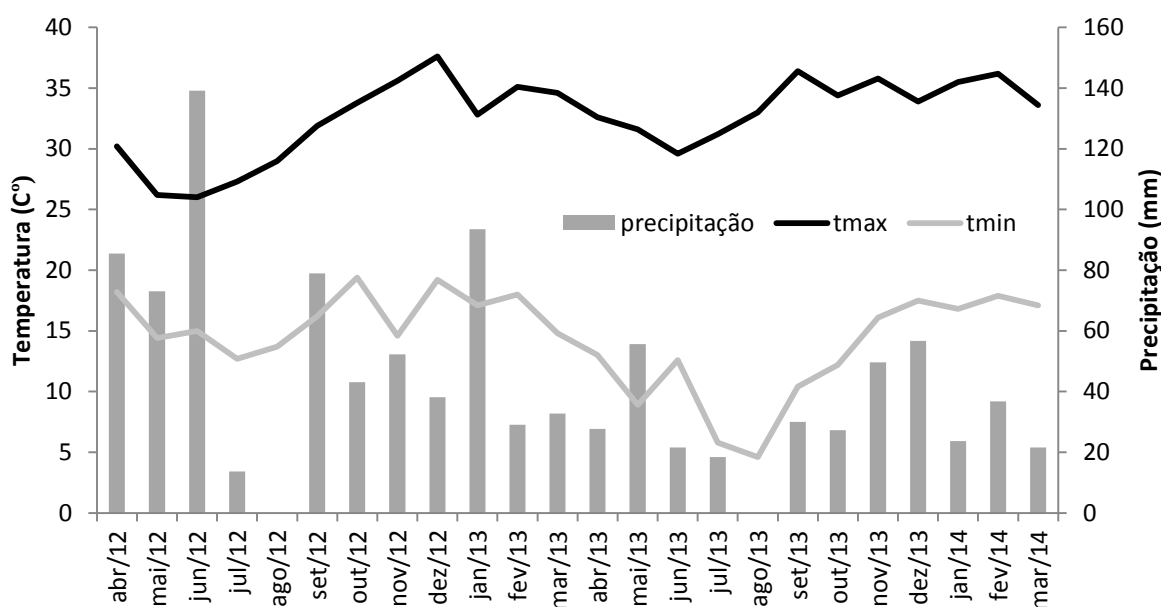


Figura 1: Acumulado de precipitação e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de abril de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP.

3.2.FORMAÇÃO DA PASTAGEM

A semeadura do capim-massai foi realizada em fevereiro de 2012, em sistema de consórcio com milho, no espaçamento de 30 cm entre linhas do capim e 90 cm entre linhas do milho (híbrido 2B710 power), sendo o capim plantado entre as linhas de milho. Foram utilizados 60 mil sementes de milho e 2 kg.ha⁻¹ de sementes puras viáveis de capim-massai, sendo de 40% o valor cultural das sementes de capim utilizadas. A adubação para as duas

culturas foi 350 kg da fórmula comercial 8-28-16 no sulco de plantio do milho. Em abril de 2012, ocorreu a colheita do milho que foi destinada à confecção de silagem. Após esta colheita utilizou-se irrigação da área uma vez por semana de abril a setembro de 2012, para a formação do pasto.

3.3. TRATOS CULTURAIS

Nos dias 13 e 14 de setembro de 2012 realizou-se o plantio das mudas de eucalipto, em fileiras únicas e em sentido Leste-Oeste. As mudas de altura média de 1,2 m foram plantadas em covas de aproximadamente 40 cm de profundidade, sendo utilizadas 90 mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*Eucalyptus urograndis*). No plantio foram utilizados 30 kg de N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 30 kg K₂O ha⁻¹, segundo a análise de solo (Tabela 1). No mês de janeiro dos anos de 2013 e 2014 mediram-se as alturas dos eucaliptos, que apresentaram, em média, 1,7 e 4,7 m, respectivamente.

Tabela 1. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³						
5,0	24	38	4,0	21	12	38	37	75	49

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

No mês de outubro dos anos de 2012 e 2013, foi realizado um pastejo de uniformização nos piquetes e, em novembro desses mesmos anos, iniciou-se a imposição dos tratamentos, sendo realizados quatro ciclos de pastejo em cada ano. O primeiro ciclo foi realizado no mês de janeiro, o segundo no mês de fevereiro, o terceiro em março e o quarto em abril e maio de 2013.

Para a adubação de manutenção do capim-massai, nos dois anos experimentais, foi utilizado 20 kg de fósforo por hectare, após o pastejo de

implantação dos tratamentos, e 50 kg de nitrogênio por hectare, na forma de ureia, após a saída dos animais dos piquetes. A adubação nitrogenada foi realizada somente nos três primeiros ciclos de pastejo, permanecendo o quarto ciclo sem essa adubação. A adubação do capim-massai no primeiro ano de avaliação foi realizada segundo a análise de solo apresentada na Tabela 1, e no segundo ano utilizou-se a Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³						
5,3	26	30	4,8	34	10	34	42	77	55

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

3.4. EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO ANTES E PÓS COLHEITA DO MILHO

As emissões de CO₂ foram avaliadas pela metodologia de câmaras de fluxo contínuo, sendo registradas com um sistema automatizado portátil de fluxo de CO₂ do solo LI-COR (LI-8100) (Figura 2). As avaliações começaram 15 dias antes da colheita do milho e terminaram um mês depois, sendo realizadas semanalmente, às 9 horas da manhã. Para a fixação da câmara ao solo foram utilizados 12 anéis de PVC, com espaçamento de um metro entre eles, alocados em uma área representativa do consórcio milho e capim-massai. A temperatura e a umidade também foram aferidas em cada ponto amostral durante as avaliações de CO₂. As avaliações de temperatura foram realizadas com o auxílio de um termômetro de solo. Para a obtenção da umidade foram coletadas amostras de solo na profundidade de 10 cm e a porcentagem de umidade no solo foi obtida pela diferença gravimétrica do peso antes e após a secagem em estufa a 105°C, por 24 horas.

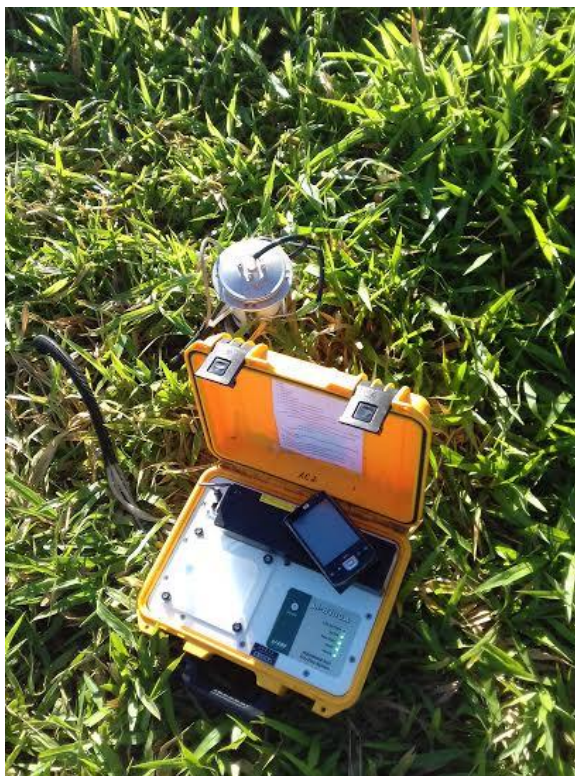
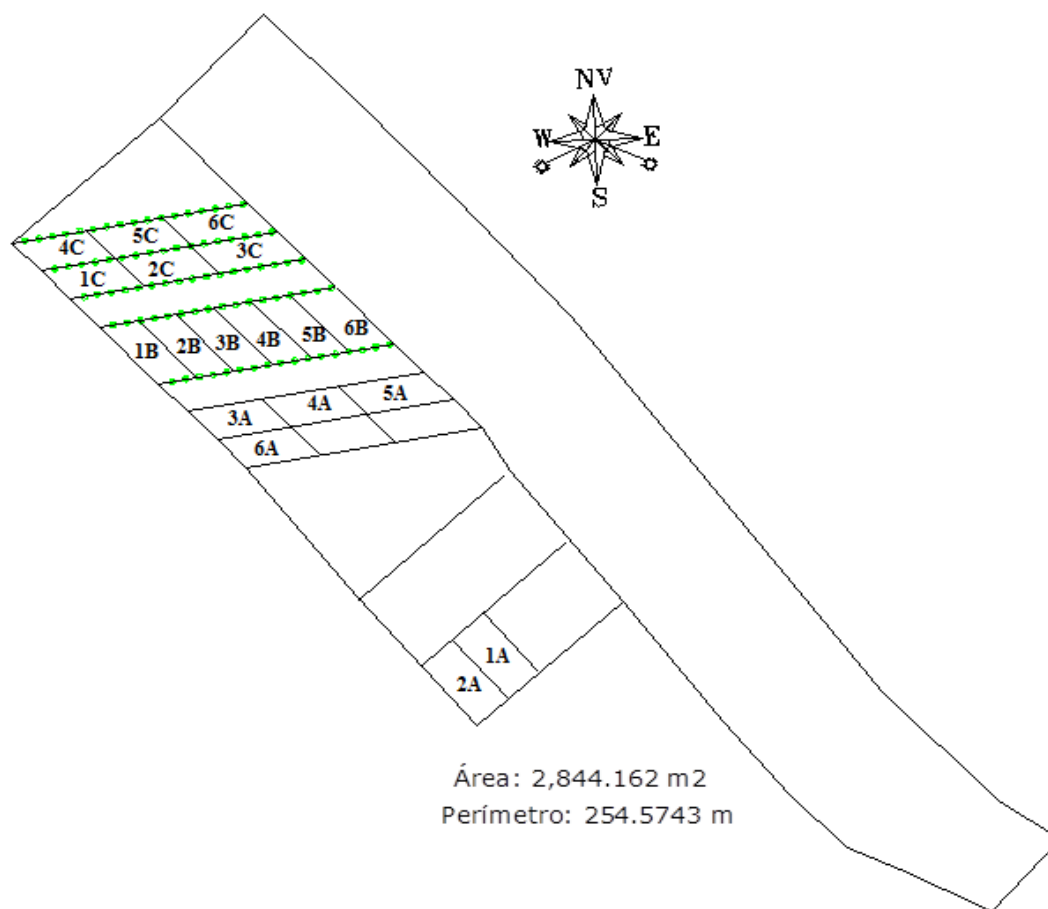


Figura 2. Aparelho LI-COR (LI-8100).

3.5. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL NO SISTEMA SILVIPASTORIL

Foram avaliados diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em três tratamentos: silvipastoril com eucaliptos em espaçamento $6,0 \times 1,5$ m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipastoril com eucaliptos em espaçamento $12,0 \times 1,5$ m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE). A área total do experimento (0,8 hectares) foi dividida em 18 piquetes experimentais, com 70 m^2 cada, sendo seis piquetes para cada tratamento. O restante da área foi utilizado como reserva experimental (Figura 3).



* A (sem sombra), B (espaçamento 12 m), C (espaçamento 6 m) e R (referência, sem pastejo, árvores e adubação)

Figura 3. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados.

3.6.MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS

O método de pastejo empregado foi lotação intermitente. A entrada dos animais nos piquetes ocorreu com 95% interceptação luminosa (IL) do dossel forrageiro, sendo a IL medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel AccuPAR LP-80 da Decagon (USA). O critério de saída dos animais dos piquetes foi 20 cm de altura do capim-massai, preconizando três dias de ocupação, pelo ajuste da carga animal e massa de forragem disponível,

sendo esses critérios utilizados em todos os tratamentos. Os animais permaneceram oito horas por dia em pastejo, sendo recolhidos após esse período para um galpão com aprisco, onde recebiam sal mineral e água à vontade.

O primeiro ciclo aconteceu no mês de janeiro (CP1), o segundo em fevereiro (CP2), o terceiro em março (CP3) e o quarto nos meses de abril e maio (CP4). Foram utilizados para o pastejo ovinos machos não castrados, com peso médio de 23, 24, 25 e 26,5 kg no primeiro ano de avaliação e, 23, 26, 25 e 24 kg no segundo ano de avaliação, nos CP1, CP2, CP3 e CP4, respectivamente. A lotação por piquete experimental foi, em média, nos três arranjos arbóreos estudados, de 76 UA.ha⁻¹ nos três primeiros ciclos de pastejo e de 67 UA.ha⁻¹ no quarto ciclo no primeiro ano de avaliações. No segundo ano de avaliação foram utilizados em média 77 UA.ha⁻¹ no primeiro e segundo ciclo, 55 UA.ha⁻¹ no terceiro e 46 UA.ha⁻¹ no quarto.

3.7. EMISSÃO DE CO₂ NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL

A emissão de CO₂ do solo foi avaliada usando a metodologia de câmara de fluxo contínuo, sendo registrada com um sistema automatizado portátil de fluxo de CO₂ do solo LI-COR (LI-8100) (Figura 2). As avaliações foram realizadas a cada 15 dias, às 9 horas da manhã. Para a fixação da câmara ao solo foram utilizados cinco anéis de PVC por tratamento, constituindo um total de 15 anéis. Os anéis foram alocados em uma distribuição em zig-zag somente no sexto piquete pastejado, utilizando os demais piquetes como aclimação dos animais ao tratamento. Foram aferidas também a temperatura e a umidade do solo, em cada ponto amostral, durante as avaliações de CO₂. As avaliações de temperatura foram realizadas com o auxílio de um termômetro de solo. Para a obtenção da umidade, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 10 cm, e pela diferença gravimétrica do peso antes e após a secagem em estufa a 105°C por 24 horas, foi determinada a umidade do solo.

3.8.DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Durante o consórcio milho e capim-massai, realizado anteriormente á implantação do sistema silvipatoril, a emissão de CO₂ foi avaliada em oito dias, no período de 09/04/12 a 28/05/12, com 12 repetições cada dia.

As avaliações da emissão nos diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos (tratamentos E1, E2 e SE) foram realizadas com cinco repetições por tratamento em cada dia de avaliação, avaliados em medidas repetidas no tempo com dois fatores longitudinais (dois anos de avaliações e dois períodos agrostológicos em cada ano). Os períodos agrostológicos foram definidos como chuvoso (outubro a março) e seco (abril a setembro). As unidades experimentais foram as áreas delimitadas pelos anéis de PVC onde eram acopladas as câmaras fluxo contínuo.

3.9.ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para cada variável analisada, inicialmente selecionou-se a estrutura de covariâncias que melhor representou as covariâncias entre os níveis dos fatores longitudinais. Obtida a estrutura realizou-se a análise da variância usando modelos mistos, considerando-se tratamentos como o único fator de efeitos fixos. Para as comparações entre ciclo de pastejo utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º, 2º e 3º Graus) e para os tratamentos teste de comparações múltiplas (Tukey, $\alpha=5\%$). As análises foram realizadas no programa estatístico SAS® (Statistical Analysis System) versão 9.3 (2002)

4. RESULTADOS

4.1. CONSÓRCIO MILHO E CAPIM-MASSAI

Após a colheita do milho a emissão de CO₂ do solo apresentou resultados que não diferenciaram das amostragens anteriores, permanecendo em média com valores de 2,43 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Figura 4).

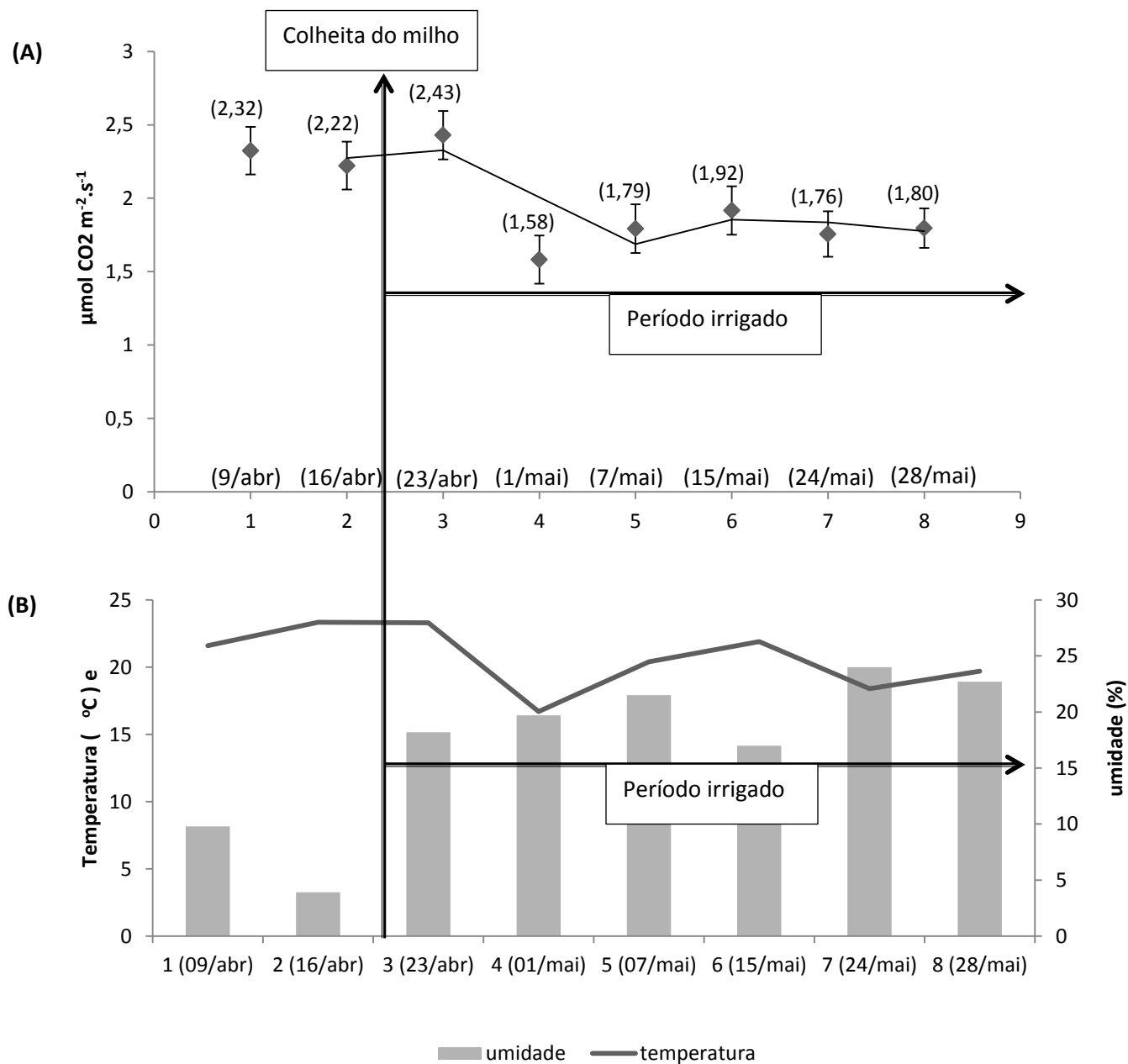


Figura 4. Emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo durante o consórcio milho e capim-massai.

Duas semanas após a colheita do milho houve queda na emissão de CO₂ de 34,98 % (de 2,43 para 1,58 μmol.m⁻².s⁻¹) ou 0,85 μmol.m⁻².s⁻¹. Após a quarta avaliação, a emissão de CO₂ apresentou pequenas variações (até 0,30 μmol.m⁻².s⁻¹) (Figura4).

Na Figura 5 observa-se relação linear significativa entre emissão de CO₂ e umidade (P=0,08) ou temperatura (P<0,05).

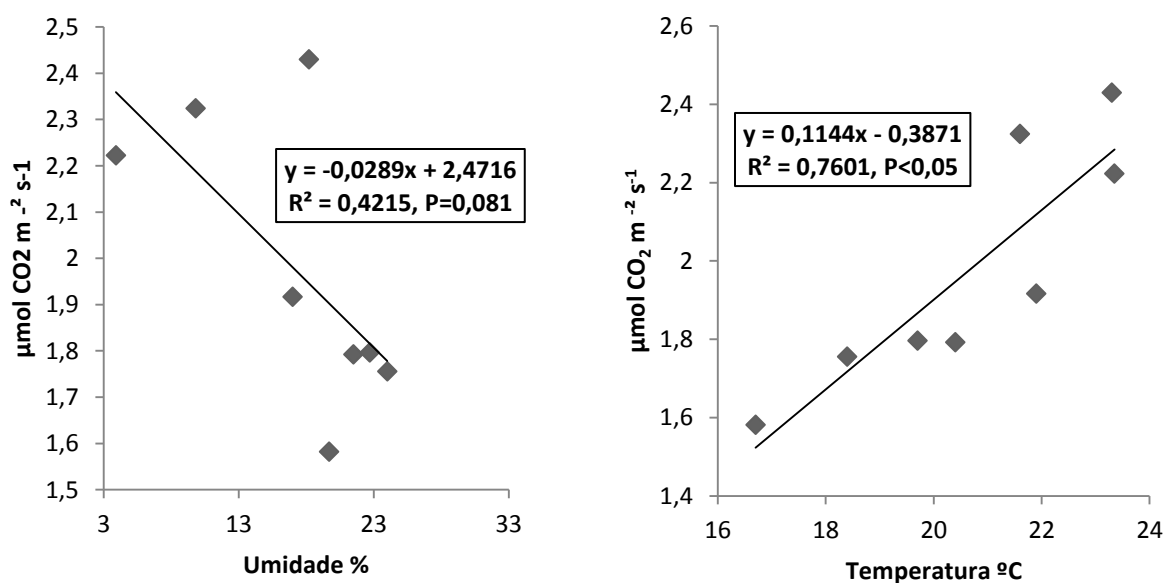


Figura 5 – Relação entre CO₂ e temperatura ou umidade do solo no consórcio milho e capim massai.

4.2. SILVIPASTORIL EM PASTEJO DE OVINOS

Os resultados da análise de variância do fluxo de CO₂ no solo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis de significância associados as causas de variação para emissão de CO₂ do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo.

FV	Tr	Ano	CP	Tr*CP	Tr*Ano	CP*Ano	Tr*Ano*CP
Sign.	ns	*	*	ns	ns	ns	ns

Sign.=significância do teste F, *=(P<0,05) e ns=(P>0,05), Fontes de variação Tr (tratamentos), CP (ciclos de pastejo), Ano (ano experimental) e interações (Tr*Ano; Tr*CP; CP*Ano e Tr*CP*Ano). *Estrutura selecionada = UN@UN (Desestruturada para Anos e CP)

As médias de emissão de CO₂ nos tratamentos não diferiram entre si (P>0,05) (Tabela 4).

Tabela 4. Emissão de CO₂ do solo ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo, durante os períodos seco e chuvoso, em dois anos de avaliação.

Tratamento ⁽¹⁾	Média	Ano ⁽²⁾	Média	Período ⁽³⁾	Média
SE	4,20	1	4,44A	Chuvoso	5,24A
E1	4,43	2	3,71B	Seco	2,91B
E2	3,59				
Geral	4,07		4,08		4,08

⁽¹⁾ SE (sem eucalipto), E1 (espaçamento entre eucaliptos de 6 m), E2 (espaçamento entre eucaliptos de 12 m).

⁽²⁾ 1o ano agroestológico (2012 e 2013) e 2o ano agroestológico (2013 e 2014),

⁽³⁾ Período Chuvoso (outubro à março) e Seco (abril à setembro),

Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha=5\%$).

No período chuvoso obteve-se valores maiores (P<0,05) que o período seco na emissão de CO₂ do solo apresentando uma queda nesse período de 44,46 %, cerca de $2,33 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Comparando os anos de avaliação observamos que no primeiro ano os valores foram maiores (P<0,05) em relação ao segundo, sendo essa redução de 16,44%, ou, $0,73 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na Figura 6 são apresentadas as médias de emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo para cada mês de coletas. Observa-se que a emissão de CO₂ do solo apresenta os maiores picos nos meses de verão, onde ocorre a prevalência de maiores valores de temperatura e umidade do solo.

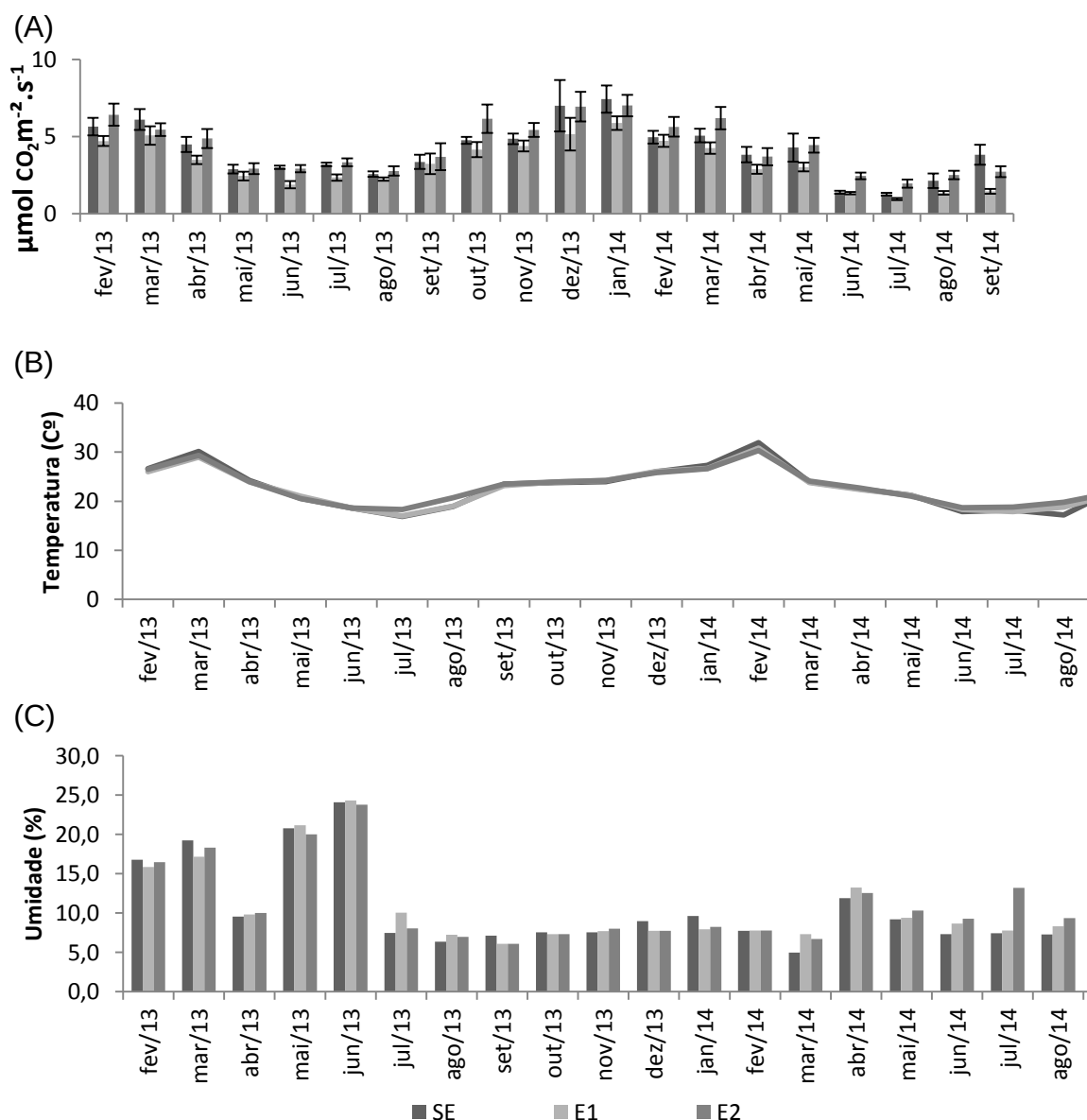
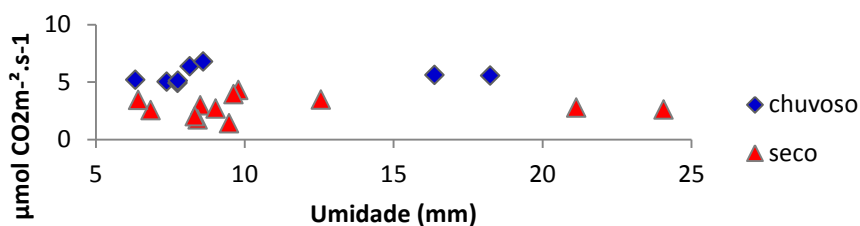


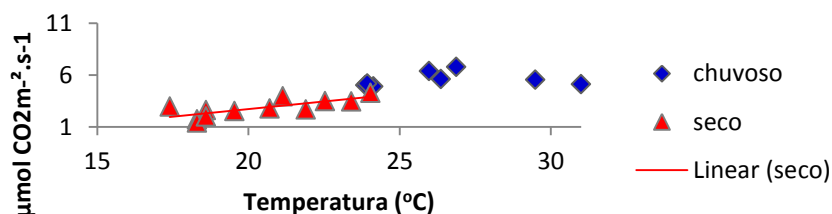
Figura 6. Emissão de CO₂ do solo (A), temperatura (B) e umidade (C) em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo. Tratamentos: silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 x 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipastoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 x 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE). Barras representam erro padrão da média para emissão de CO₂ do solo.

As relações entre emissão de CO₂ com temperatura ou umidade do solo, nos períodos chuvoso e seco, independente do tratamento e ano experimental, são apresentadas na Figura 7. Observa-se que a emissão de CO₂ apresentou relação linear significativa ($P > 0,05$) somente com a temperatura do solo no período seco.



Chuvoso - $y = 0,0154x - 5,4029$ ($R^2 = 0,0107$; $P = 0,807$)

Seco - $y = 0,0006x - 2,8184$ ($R^2 = 1E-05$; $P = 0,990$)



Chuvoso - $y = 0,039x - 4,5273$ ($R^2 = 0,0231$; $P = 0,719$)

Seco - $y = 0,2942x - 3,1806$ ($R^2 = 0,5741$; $P < 0,05$)

Figura 7. Relação entre emissão de CO₂ e temperatura ou umidade do solo nos períodos chuvoso e seco dois nos anos experimentais (média dos arranjos arbóreos por coleta de CO₂).

As relações entre emissão de CO₂ com temperatura ou umidade, nos tratamentos E1, E2 e SE, independente do ano e período experimental, são apresentadas na Figura 8.

Observa-se que a emissão de CO₂ não apresentou relação linear significativa ($P > 0,05$) com umidade do solo nos tratamentos avaliados. Entretanto, foi observação relação linear positiva significativa entre emissão de CO₂ e temperatura, ($P < 0,05$) em todos os tratamentos estudados.

As relações entre emissão de CO₂ com temperatura ou umidade, independente de tratamento e período experimental, são apresentadas na Figura 9. Observa-se que o fluxo de CO₂ não apresentou relação linear significativa ($P>0,05$) com umidade. A relação entre emissão de CO₂ e temperatura foi, entretanto, linear significativa positiva ($P<0,05$).

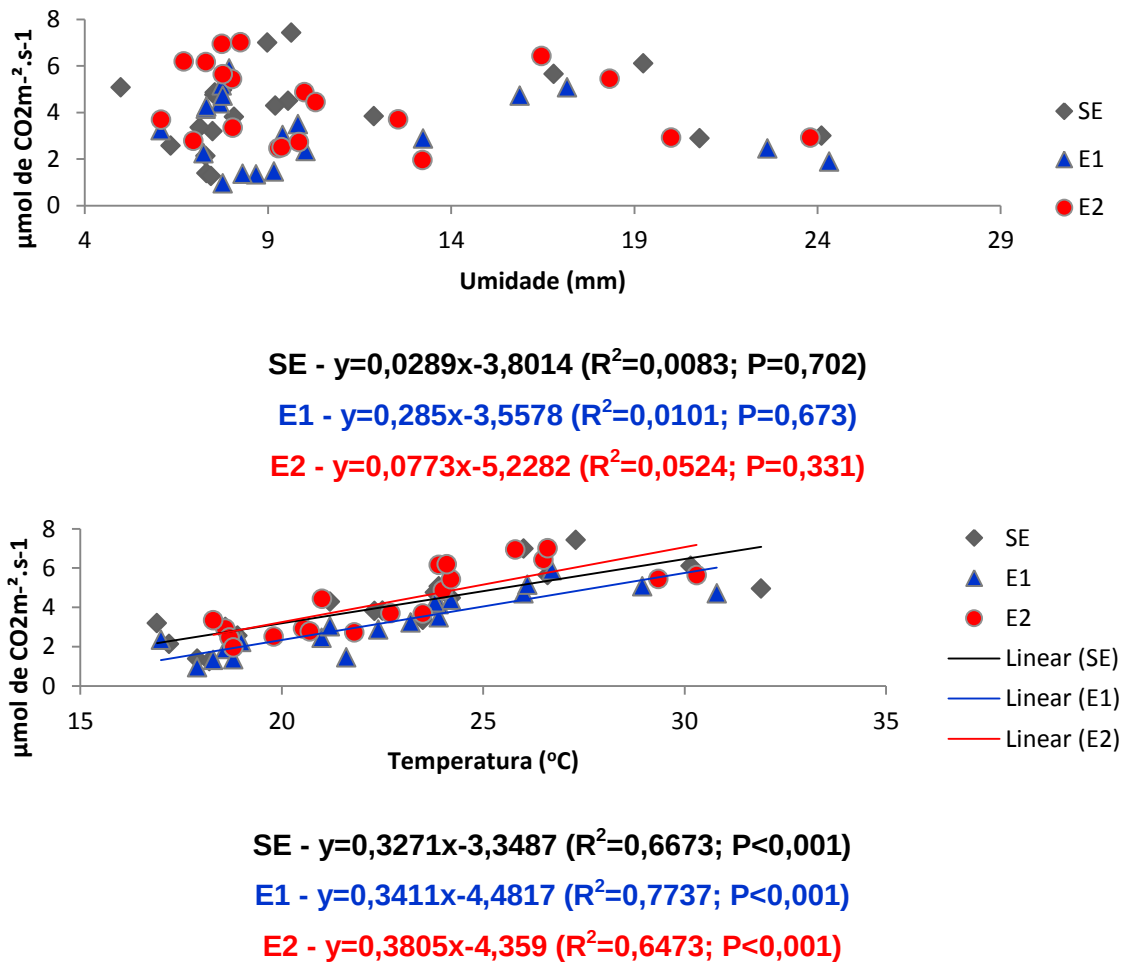
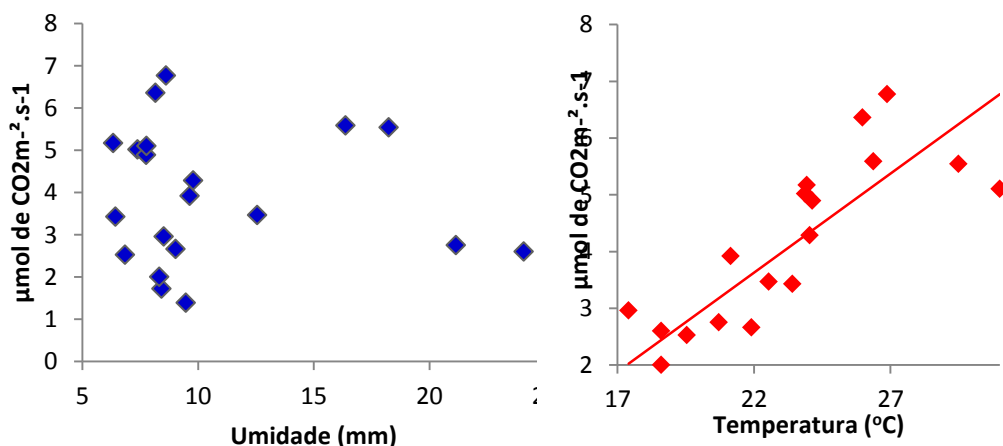


Figura 8. Relação entre CO₂ e temperatura ou umidade do solo em pastos de capim-massai sob pastejo com ovinos em diferentes sistemas de manejo (silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE) (média de coleta de CO₂ para cada sistema avaliado).



Ano - $y = 0,0255x - 4,187$ ($R^2 = 0,0068$; $P = 0,730$) Ano - $y = 0,3494x - 4,0575$ ($R^2 = 0,7198$; $P < 0,001$)

Figura 9. Relação entre CO₂ e temperatura ou umidade do solo nos dois anos experimentais (média dos sistemas de manejo avaliados por coleta de CO₂).

5. DISCUSSÃO

Observando o comportamento inicial da emissão de CO₂ do solo no consórcio de milho e capim-massai, constata-se que após a colheita do milho, as emissões de CO₂ do solo não se modificaram, permanecendo em média com valores próximos as coletas anteriores (Figura 4).

Após a colheita do milho houve deposição de matéria orgânica no solo, esses restos culturais entraram em processo de decomposição gerando um maior aporte de CO₂ do solo, para a atmosfera, assim esperava-se maior emissão desse gás logo após a colheita de milho. Porém a colheita de milho para a silagem, como é o caso desse experimento, retira boa parte do material orgânico da planta de milho, comparando com a colheita para grãos, restando somente parte do caule e as raízes como restos culturais, proporcionando assim pouco substrato para a ação microbiana no solo, e consequentemente há menor emissão de CO₂ do solo (SEPPÄNEN, 2002; LAL, 2003). Siqueira-neto et al. (2009) em experimento com diferentes

sistemas de produções, observaram que a colheita do milho para a obtenção de grãos, acrescenta uma grande quantidade de resíduos orgânicos ao solo, o que favorece a produção de CO_2 do solo e, sua posterior emissão para a atmosfera. Signor et al. (2014) estudaram a influência de doses de palha de cana (0%, 50% e 100% da quantidade disponível na superfície) e, observaram que a emissão de CO_2 do solo aumentava concomitantemente com a elevação da quantidade de palhada no solo.

Outro fato que se insere para o não aumento da emissão de CO_2 do solo do solo logo após a colheita do milho, é a respiração das raízes das plantas de milho. Após a morte dessas raízes em decorrência da colheita cessou-se o consumo de O_2 e, conseqüentemente, a emissão para a atmosfera de CO_2 . Desse modo mesmo com o aumento esperado da produção de CO_2 do solo pela introdução dos restos culturais do milho após sua colheita, houve compensação negativa pela diminuição da emissão de CO_2 do solo pela morte dessas raízes (RAICH & TUFEKCIÖGUL, 2000, SCHLESINGER & ANDREWS, 2000). Browden et al. (1993) estudaram o contribuição das raízes na respiração do solo de floresta para a produção de madeira no Canadá e, constaram que dois terços do total da respiração do solo é proporcionada pela respiração das raízes.

Após a terceira avaliação houve queda na emissão de CO_2 , apresentando redução de 34,98 %. O processo de decomposição da matéria orgânica em solos tropicais, em decorrência de altas temperaturas e umidade, acontece de forma rápida, assim a maiores emissões de CO_2 são esperadas logo após a introdução do substrato orgânico, sendo observadas quedas expressivas de emissão de CO_2 do solo logo após as primeiras semanas (SIGNOR et al., 2014; CARMO et al., 2013).

A queda na emissão após a terceira avaliação pode ser explicada também pela diminuição da temperatura na terceira para a quarta coleta. Essa correlação positiva entre temperatura e emissão de CO_2 do solo foi observada na Figura 3, essa relação é esperada, pois com a diminuição da temperatura há o decréscimo das atividades biológicas no solo, reduzindo a

respiração, e dessa forma há menos emissão de CO₂ do solo (KAUR et al., 2002; BORTOLON et al., 2009; BRITO et al., 2015)

A implantação do sistema silvipastoril em sequência ao consórcio milho e capim-massai não afetou a emissão de CO₂ do solo (Tabela 4). Esse fato pode ser explicado pelo estágio de desenvolvimento em que o sistema silvipastoril se encontrava, o qual durante o experimento em questão se apresentava em fase de implantação. Já é conhecido que as modificações no microclima do solo e no dossel forrageiro se apresentam com o desenvolvimento arbóreo no sistema silvipastoril, à medida que o sistema arbóreo desenvolve seu sistema radicular e aéreo (copa), maior serão os efeitos em todos os processos biológicos (OELBERMANN et al. 2005; HOWLETT et al., 2011). Seppänen (2002) avaliaram plantações de eucalipto consolidadas e observaram que essas capturaram 320 a 610 t/ha de CO₂ em sete anos. Paixão et al. (2006) também em trabalho em plantações de eucalipto, observaram estoque de carbono de 47,7 t/ha na parte aérea das árvores e 14,7 t/ha em raízes.

Contudo somente as variações de temperatura afetaram a emissão de CO₂ após a implantação do sistema silvipastoril. Podemos observar valores maiores de emissão de CO₂ no período chuvoso (Tabela 4 e Figura 7, 8 e 9). Sendo que há diminuição da temperatura no período de abril a setembro (período seco). Observa-se que nas Figuras 5, 6 e 7, as linhas de correlação entre temperatura e emissão de CO₂ apresentaram correlação positiva, demonstrando que com a elevação da temperatura também há o aumento da emissão de CO₂.

A diminuição da temperatura e umidade desaceleram os processos microbiológicos no solo e aumentam a mineralização da matéria orgânica (VARELLA et al., 2004; LUO E ZHOU, 2006; BORTOLON et al., 2009). Brito et al. (2015), estudando três alturas de pastagens de capim-marandu, observaram relação positiva entre a temperatura do solo e a emissão de metano, apresentando nos meses de verão as maiores emissões durante o ano. Segundo Lal et al. (1995), a atividade microbiana no solo é

intrinsecamente dependente da temperatura, esse autor estimou que a cada acréscimo de 10°C, a taxa de emissão de CO₂ no solo aumenta de 1,4 a 3 vezes. Wilhelmi & Rothe (1990), observaram em experimento com diferentes temperaturas, que a emissão de CO₂ do solo aumentou com a elevação da temperatura, e que a partir de 35°C de temperatura do solo há a tendência de queda dessa emissão de CO₂. Brito et al. (2009), encontraram em experimentos com áreas com cana de açúcar maior emissão de CO₂ no período com maior temperatura.

A diminuição da atividade biológica da planta forrageira, em decorrência da diminuição da temperatura e umidade, também se insere para a diminuição da emissão do CO₂. No período seco do ano a planta forrageira entra em processo de senescência e diminui sua área de raízes, decorrência da diminuição da temperatura, umidade e luminosidade (SANTOS et al., 1999). A diminuição da atividade biológica e a morte das raízes afetam negativamente a produção de CO₂ advinda da respiração celular no solo, diminuindo assim a emissão desse gás para a atmosfera (BOWDEN et al., 1993; RAICH & TUFEKCIOGUL, 2000).

6. CONCLUSÃO

A colheita do milho afetou a emissão de CO₂, diminuindo a emissão desse gás uma 15 após sua colheita. A introdução do sistema pastoril não afetou a emissão de CO₂ e, somente as variações climáticas sazonais afetaram sua emissão.

7. REFERÊNCIAS

BORKEN, W.; XU; Y.J.; DAVIDSON, E.A. Site and temporal variation of soil respiration in European beech, Norway spruce, and Scots pine forests. **Global Change Biology**, 8, 1205– 1216, 2002.

- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1635-1646, 2009.
- BOWDEN, R.D.; NADELHAFFER, K.J.; BOONE, R.D.; MELILLO, J.M.; GARRISON, J.B. Contributions of aboveground litter, belowground litter, and root respiration to total soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 23(7), p.1402-1407, 1993.
- BRITO, L.F., J. MARQUES JÚNIOR, G.T. PEREIRA, Z.M. SOUZA, N. LA SCALA JÚNIOR. Soil CO₂ emission of sugarcane fields as affected by topography. **Sci. Agricola**, pg. 66:77–83, 2009.
- BRITO, L.F.; AZENHA, M.V.; JANUSCKIEWICZ, E.R.; CARDOSO, A.S; MORGADO, E.S.; MALHEIROS, E.B.; SCALA JR., N.L.; REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C. Seasonal fluctuation of soil carbono dioxide emission in differently managed pastures. *Agronomy Journal*, v.107, pg. 957-962, 2015.
- CANBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulae soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v 56, n 3, p 777-783, 1992.
- CARMO, J.B.; FILOSO, S.; ZOTELLI, L.C.; SOUSA NETO, E.R.; PITOMBO, L.M.; DUARTE-NETO, P.J.; VARGAS, V.P.; ANDRADE, C.A.; GAVA, G.J.C.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; ELIA NETO, A.; MARTINELLI, L.A. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **GCB Bioenergy**, v.5, p.267-280, 2013.
- ESCOBAR, L.F; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CHAVES, L.F.; ZANATTA, J.A.; FIORIN, J.E. Postharvest Nitrous Oxide Emissions from a Subtropical Oxisol as influenced by Summer Crop Residues and Their Management. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.507-516, 2010.

- HOWLETT, D.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; NAIR, P.K.R.; NAIR, V.D.; RODRIGUEZ, A.R. Soil Carbon Storage in Silvopastoral Systems and a Treeless Pasture in Northwestern Spain. **Journal Environ Quality**, v. 40 n. 3, p.825-832, 2011.
- IPCC - Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007.
- KAUR, B.; GRUPTA, S.R.; SINGH, G. Carbon storage and nitrogen cycling in silvopastoral systems on a sodic soil in northwestern India. **Agroforestry Systems**, v.54, n.1, p.21-29, 2002.
- LAL, R. FAUSEY, N. R.; ECKERT, D. J. Land use and soil management effects on emissions of radiatively active gases from tow soils in Ohio. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed). **Soil management and greenhouse effect**, p. 41-57, 1995.
- LAL, R. Global potential of soil carbon sequestration to mitigatethe greenhouse effect. **Plant Sci.**,v.22, p.151-184, 2003.
- LUO, Y., AND X. ZHOU. Processes of CO₂ production in soil. In: Y. Luo and X. Zhou, editors, Soil respiration and the environment. **Academic Press, Elsevier**, CA. p. 35–59, 2006.
- OELBERMANN, M.; VORONEY, R.P.; KASS, D.C.L.; SCHLÖNVOIGT, A.M. Above and below ground carbon inputs in 19, 10 and 4 year old Costa Rican Alley cropping systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.105, p.163-172, 2005.
- PAIXÃO, F. A.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L.A.G.; SILVA, M.L.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F. Quantificação do estoque de carbono e análise econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvores**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

- RAICH, J.W.; TUFEKCIOGLU, A. Vefetation and soil respiration: Correlations and controls. **Biogeochemistry**, v.48, p.71-90, 2000.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.
- SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da Frequência de Pastejo e da Época do Ano sobre a Produção e a Qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.2, p.244-249, 1999.
- SCHLESINGER, W.; ANDREWS, J.A. Soil respiration and the global carbon cycle. **Biogeochemistry**, v.48, p.7-20, 2000.
- SEPPÄNEN, P. Secuestro de carbono através de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. **Foresta Veracruzana**, v. 4, n. 2, p. 51-58, 2002.
- SIGNOR, D.; PISSIONI, L.L.M.; CERRI, C.E.P. Emissões de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Bragantia**, v.73, n.2, p. 113-122, 2014.
- SILVA-PANPO, F.J.; HERNANDEZ, M.P.G.; LORENZO, M.J.R. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. **Agroforestry Systems**, v. 56, p. 203–211, 2002.
- SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; VENZKE FILHO, S.P.; CERRI, C.E.P. & CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR).II - Emissões de CO₂ e N₂O. **R. Bras. Ci. Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.
- SOUZA, L. F.; NAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. E.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1029-1037, 2007.
- US.Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS) **Topographic Lidar: Eastern Connecticut**, 2010.

- VARELLA, R.F., M.M.C. BUSTAMANTE, A.S. PINTO, K.W. KISSELLE, R.V. SANTOS, R.A. BURKE. Soil fluxes of CO₂, CO, NO, and N₂O from an old pasture and from native Savanna in Brazil. **Ecol. Appl**, 14(Supplement), pg.221–231, 2004.7
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; KARINA PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura- -pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1.127-1.138, 2011.
- WILHELMI, V.; ROTHE, G.M. The effect of acid rain, soil temperature and humidity on C-mineralization rates in organic soil layers under spruce. **Plant and Soil**, v.121, p.197-202. 1990.

CAPITULO 4

MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E BROMATOLÓGICAS DO PASTO E SUAS INTERAÇÕES NA EMISSÃO DE METANO RUMINAL, EM PASTOS COM OVINOS EM INTRODUÇÃO DE SISTEMA SILVIPASTORIL

1. RESUMO

O sistema silvipastoril altera todos os processos biológicos inseridos na pastagem, o que modifica as interpelações entre planta e animal. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar as alterações morfológicas e bromatológicas do capim-massai, e sua interação com a emissão de metano (CH_4) ruminal de ovinos, em pastos manejados em sistema silvipastoril. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, no período de outubro de 2012 a maio de 2013 e, de outubro de 2013 a maio de 2014 compreendendo dois verões agrostológicos. Os tratamentos sistemas de produção de ovinos, dois espaçamentos de eucaliptos (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) de 6,0 X 1,5 m (E1) e 12,0 X 1,5 m (E2), em sistema silvipastoril, e um arranjo sem eucaliptos (SE). No pastejo foram utilizados ovinos de cinco meses, com peso médio de 25 kg, manejados sob lotação intermitente. Como critério de entrada dos animais foi utilizado 95% de interceptação luminosa, e como critério de saída 20 cm de altura do capim-massai. Foram aferidas a altura de entrada, massa seca de forragem, componentes morfológicos da forragem e composição química do capim-massai. Foram também estimados o consumo de matéria seca e produção de CH_4 ruminal por animal, kg de peso vivo, matéria seca consumida e matéria seca consumida digestível. Para todas as variáveis estudadas as médias não diferiram entre os arranjos arbóreos ($P>0,05$). Somente os efeitos climáticos ao longo dos ciclos de pastejo modificaram os componentes morfológicos e bromatológicos do capim-massai. Os arranjos arbóreos não modificaram o crescimento ou a bromatologia do capim-massai,

e como a emissão de CH₄ ruminal foi diretamente associada a essas variáveis ela também não se alterou.

2. INTRODUÇÃO

Várias regiões do nosso planeta possuem condições ambientais que contribuem para alta produção de forragem e, em condições favoráveis de umidade e temperatura, podem atender exclusivamente as exigências nutricionais de várias categorias animais. Por outro lado, grande parte das pastagens não possui manejo adequado, gerando condições de superpastejo ou subpastejo, promovendo a degradação do dossel através dos processos de erosão (PERON & EVANGELISTA, 2004).

Pastagens em processo de degradação ou a abertura de novas áreas proporcionam um efeito deletério sobre o ambiente. A introdução de animais ruminantes nesses sistemas mal manejados aumenta consideravelmente a emissão de gases de efeito estufa, principalmente o metano (CH₄). Esse gás é produzido em pastagens principalmente pela fermentação de alimentos no trato gastrointestinal, podendo também ser produzido pela decomposição dos bolos fecais (IPCC, 2000; SOUSSANA et al. 2010; ECKARD et al, 2010)

O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens cultivadas é fundamental para alcançar a sustentabilidade e aumentar a eficiência da agropecuária (VILELA et al., 2011). Dentre as alternativas para minimizar esse problema o sistema silvipastoril destaca-se como um modelo promissor para diversificar o sistema pastoril tradicional. Conceitualmente, o sistema silvipastoril é definido como a integração de espécies forrageiras, arbóreas e animais em uma mesma área e no mesmo período, atuando de forma integrada. Dessa forma, esse sistema modifica o microclima do dossel alterando todos os processos biológicos da planta, do solo e do animal (ANDRADE et al., 2003; CASTRO et al., 2008).

A principal mudança na introdução de árvores em um sistema pastoril é a diminuição da quantidade e qualidade de luz sob o dossel forrageiro e,

consequentemente, o decréscimo da temperatura do microclima e aumento da umidade (MELONI, 1999; WILSON & LUDLOW, 1991).

As mudanças da luz relacionadas à introdução de sombra no sistema pastoril alteram toda a estrutura anatômica e morfológica da planta forrageira. Paciullo et al., (2008), encontraram maior alongamento de colmo em *Brachiaria decumbens* Stapf., que permaneceram em sombra de 50%, em comparação com plantas que estavam em 18% de sombra e a pleno sol. Abraham et al. (2014), estudaram o efeito do aumento do sombreamento sobre a *Dactylis glomerata* L. e, constataram diminuição do perfilhamento, matéria seca e proporção de folhas em dosséis expostos ao sombreamento.

Concomitantemente as alterações anatômicas e morfológicas a diminuição da luminosidade no dossel forrageiro, há também modificações bromatológicas na planta forrageira (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; SOUZA et al., 2007). A introdução de árvores em um sistema pastoril atua positivamente no acréscimo de proteína na planta forrageira. Castro et al. (2008), em experimento em silvipastoril com *Brachiaria decumbens*, avaliando o efeito de várias espécies leguminosas arbóreas, observaram maior quantidade de proteína em pastos em sistema silvipastoril. Salinas et al. (2013), observaram um aumento do perfilhamento e da produção de forragem, seguida por queda na proporção de proteína, quando foram retiradas as árvores de um sistema silvipastoril implantado a 12 anos, evidenciando a forte influência da copa das árvores no crescimento da planta forrageira.

A fração fibrosa da planta forrageira se comporta de forma ambígua em sistemas silvipastoris, podendo aumentar ou diminuir sua proporção. Kephart e Buxton (1993) observaram que a imposição de sombra em gramíneas diminuiu as paredes celulares das células da planta forrageira, o que resultou em diminuição da fração fibrosa e lignificada. Souza et al. (2007), encontraram maior proporção de fibra em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* em sistema silvipastoril.

A produção de CH_4 está intrinsicamente ligada ao consumo de fibra pelo animal (KURIHARA et al., 1999; KREUZER & HINDRICHEN, 2006). A produção de CH_4 e a fração fibrosa do alimento tem correlação positiva, onde quando a ingestão de fibra aumenta também há o aumento da emissão de CH_4 (REYNOLDS et al., 2009). Assim a possível diminuição do material fibroso ocasionado pelo sistema silvipastoril (KEPHART & BUXTON, 1993), pode agir positivamente na mitigação de CH_4 ruminal (PINARES-PATINO et al., 2003)

A diminuição da temperatura também proporciona um ambiente com maior conforto térmico aos animais, melhorando a termorregulação e, conseqüentemente, há aumento do consumo e da digestão da planta forrageira. A maior eficiência digestiva e produtiva favorece a diminuição da formação e liberação de gases pelo rúmen, principalmente o CH_4 , promovendo assim um efeito mitigador nos gases de efeito estufa (SANTOS et al., 2006; BERBIGIER, 1989).

Essas mudanças, por sua vez, são interdependentes do arranjo arbóreo utilizado. As modificações na densidade ou espaçamento das árvores alteram a proporção de sub-bosque modificando a incidência de sombra sobre o dossel forrageiro, e conseqüentemente a relação de luz incidente na planta forrageira (HUSSAIN et al., 2009; KARKI et al., 2013; ABRAHAM et al., 2014).

No entanto, a interação entre árvores, plantas forrageiras e animais ainda necessitam de mais estudos. Contudo, segundo a literatura a introdução do sistema silvipastoril afeta todos os processos biológicos da planta, do solo e do animal. Para evidenciar essas mudanças foram aferidas características estruturais e bromatológicas da planta forrageira e as modificações na emissão de CH_4 ruminal na fase de implantação do sistema silvipastoril.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp, Campus de Jaboticabal, SP. Localizada a 21°14'05"S de latitude sul, longitude de 48°17'09" W, a altitude de 598 m. O período experimental foi de outubro de 2012 á maio de 2013 e, de outubro de 2013 a maio de 2014 compreendendo dois verões agrostológicos. O solo da área experimental é classificado como Clayey Oxisol segundo USDA-NRCS (2010) ou como Latossolo Vermelho Distrófico, típico, textura argilosa A moderado, caulínítico, hipoférrico, com relevo suavemente ondulado segundo EMBRAPA (2006).

O clima predominante de Jaboticabal, SP, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

A precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima, obtidas na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, são apresentados na Figura 1. Foram aferidas também umidade e a temperatura do ar e do globo negro em cada unidade experimental, durante o período de janeiro a fevereiro, com o auxílio de um termohigrômetro digital, acomodado a um metro das linhas de eucaliptos. Após as coletas desses dados, foi calculado o índice de temperatura e umidade (ITU) pela fórmula proposta por Kelly & Bond (1971): $ITU = ts + 0,55(1-UR)(ts-58)$, onde ts é a temperatura de bulbo seco, em graus Fahrenheit (F) e a UR é a umidade relativa do ar (Tabela 1).

Tabela 1. Temperatura, umidade e índice de temperatura em três arranjos arbóreos (sem árvores, espaçamento de 12 e 6 metros entre renques de árvores) em pastos de capim-massai em lotação intermitente.

Tratamentos	Temperatura do							
	Temperatura		Globo Negro		Umidade		ITU	
	°C		°C		%			
	Ano							
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Sem árvores	33,4	33,1	35,3	40,9	52,3	50	82,7	81,9
12 metros	33,3	32,4	35,9	37,8	51,6	49,7	82,5	80,9
6 metros	33,8	32,2	36,1	32,9	52,3	52,7	83,3	81,3

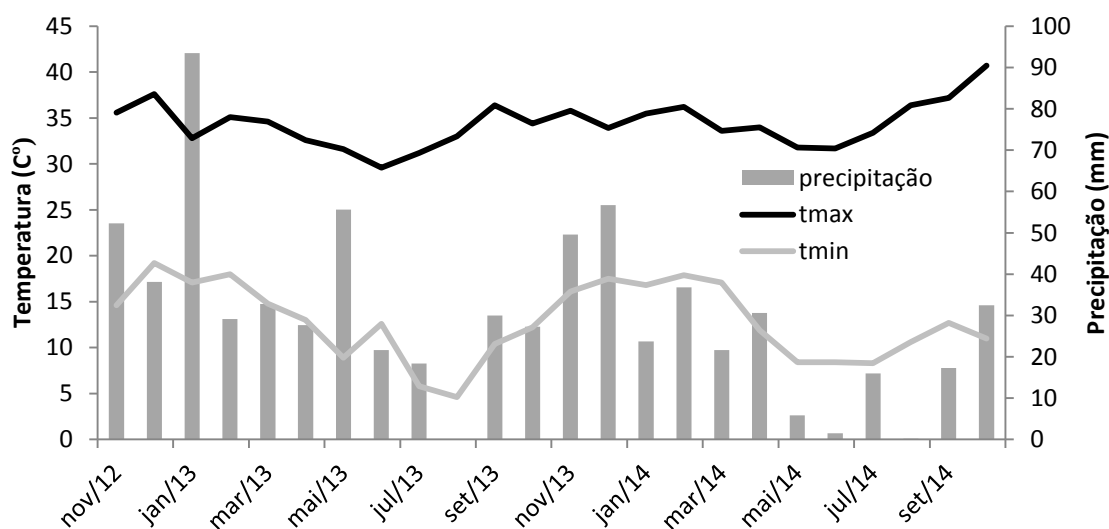


Figura 1. Acumulado de precipitação pluviométrica e médias de temperatura mínima e máxima ao longo do período de novembro de 2012 à outubro de 2014 no município de Jaboticabal, SP.

3.2.FORMAÇÃO DA PASTAGEM

A semeadura do capim-massai foi realizada em fevereiro de 2012, em sistema de consórcio com milho, no espaçamento de 30 cm entre linhas do

capim e 90 cm entre linhas do milho (híbrido 2B710 power), sendo o capim plantado entre as linhas de milho. Foram utilizados 60 mil sementes de milho e 2 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis de capim-massai, sendo de 40% o valor cultural das sementes de capim utilizadas. A adubação para as duas culturas foi 350 kg da fórmula comercial 8-28-16 no sulco de plantio do milho. Em abril de 2012, ocorreu a colheita do milho que foi destinada à confecção de silagem. Após esta colheita utilizou-se irrigação da área uma vez por semana de abril a setembro de 2012, para a formação do pasto.

3.3. TRATOS CULTURAIS

Nos dias 13 e 14 de setembro de 2012 realizou-se o plantio das mudas de eucalipto, em fileiras únicas e em sentido Leste-Oeste. As mudas de altura média de 1,2 m foram plantadas em covas de aproximadamente 40 cm de profundidade, sendo utilizadas 90 mudas do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (*Eucalyptus urograndis*). No plantio foram utilizados 30 kg de N.ha⁻¹, 60 kg P₂O₅.ha⁻¹ e 30 kg K₂O.ha⁻¹, segundo a análise de solo (Tabela 2). No mês de janeiro dos anos de 2013 e 2014 mediram-se as alturas dos eucaliptos, que apresentaram, em média, 1,7 e 4,7 m, respectivamente.

Tabela 2. Análise química do solo, na profundidade 0 a 20 cm, no primeiro ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³						
5,0	24	38	4,0	21	12	38	37	75	49

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

No mês de outubro dos anos de 2012 e 2013, foi realizado um pastejo de uniformização nos piquetes e, em novembro desses mesmos anos, iniciou-

se a imposição dos tratamentos, sendo realizados quatro ciclos de pastejo em cada ano. O primeiro ciclo foi realizado no mês de janeiro, o segundo no mês de fevereiro, o terceiro em março e o quarto em abril e maio de 2013.

Para a adubação de manutenção do capim-massai, nos dois anos experimentais, foi utilizado 20 kg de fósforo por hectare, após o pastejo de implantação dos tratamentos, e 50 kg de nitrogênio por hectare, na forma de ureia, após a saída dos animais dos piquetes. A adubação nitrogenada foi realizada somente nos três primeiros ciclos de pastejo, permanecendo o quarto ciclo sem essa adubação. A adubação do capim-massai no primeiro ano de avaliação foi realizada segundo a análise de solo apresentada na Tabela 2, e no segundo ano utilizou-se a Tabela 3.

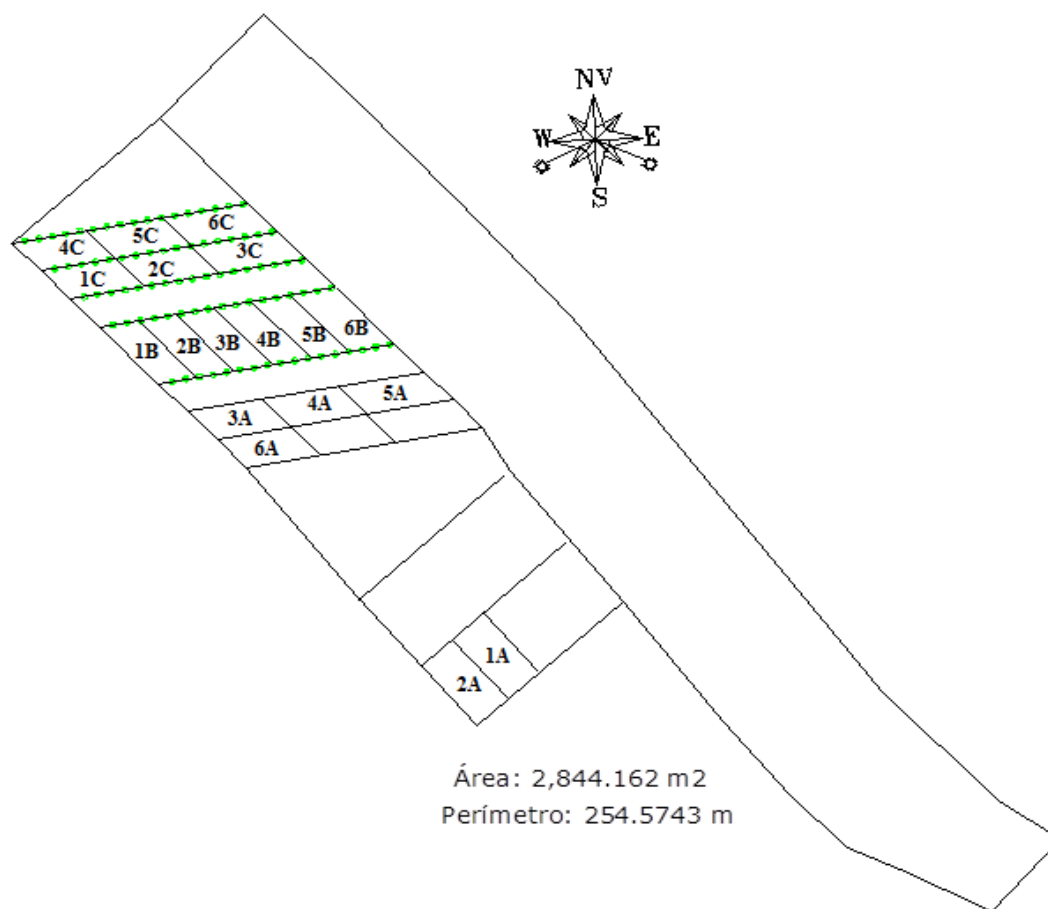
Tabela 3. Análise química do solo, profundidade 0 a 20 cm, no segundo ano de avaliação.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³						
5,3	26	30	4,8	34	10	34	42	77	55

pH = acidez (água); MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = hidrogênio mais alumínio; SB= soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

3.4. TRATAMENTOS E ÁREA EXPERIMENTAL

Foram avaliados diferentes sistemas de manejo de ovinos em pastos de capim massai, com ou sem a presença de eucaliptos, que resultaram em três tratamentos: silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 6,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E1); silvipatoril com eucaliptos em espaçamento 12,0 × 1,5 m com pastejo e adubação do capim massai (E2); e sistema sem eucalipto com pastejo e adubação do capim massai (SE). A área total do experimento (0,8 hectares) foi dividida em 18 piquetes experimentais, com 70 m² cada, sendo seis piquetes para cada tratamento. O restante da área foi utilizado como reserva experimental (Figura 2).



* A (sem sombra), B (espaçamento 12 m), C (espaçamento 6 m) e R (referência, sem pastejo, árvores e adubação)

Figura 2. Mapa representativo da área experimental, os piquetes e os arranjos arbóreos utilizados.

3.5.MÉTODO DE PASTEJO E ANIMAIS EXPERIMENTAIS

O método de pastejo empregado foi lotação intermitente. A entrada dos animais nos piquetes ocorreu com 95% interceptação luminosa (IL) do dossel forrageiro, sendo a IL medida com o auxílio de aparelho analisador de dossel AccuPAR LP-80 da Decagon (USA). O critério de saída dos animais dos piquetes foi 20 cm de altura do capim-massai, preconizando três dias de ocupação, pelo ajuste da carga animal e massa de forragem disponível,

sendo esses critérios utilizados em todos os tratamentos. Os animais permaneceram oito horas por dia em pastejo, sendo recolhidos após esse período para um galpão com aprisco, onde recebiam sal mineral e água à vontade.

O primeiro ciclo aconteceu no mês de janeiro (CP1), o segundo em fevereiro (CP2), o terceiro em março (CP3) e o quarto nos meses de abril e maio (CP4). Foram utilizados para o pastejo ovinos machos não castrados, com peso médio de 23, 24, 25 e 26,5 kg no primeiro ano de avaliação e, 23, 26, 25 e 24 kg no segundo ano de avaliação, nos CP1, CP2, CP3 e CP4, respectivamente. A lotação por piquete experimental foi, em média, nos três arranjos arbóreos estudados, de 76 UA.ha⁻¹ nos três primeiros ciclos de pastejo e de 67 UA.ha⁻¹ no quarto ciclo no primeiro ano de avaliações. No segundo ano de avaliação foram utilizados em média 77 UA.ha⁻¹ no primeiro e segundo ciclo, 55 UA.ha⁻¹ no terceiro e 46 UA.ha⁻¹ no quarto.

3.6. ALTURA, MASSA E COMPONENTES MORFOLÓGICOS DO CAPIM-MASSAI.

Foram realizadas medições da altura do dosse no pré e pós pastejo, em 20 pontos aleatórios por piquete, com o auxílio de uma régua tipo bengala de 150 cm.

Em dois pontos de altura média por piquete, com o auxílio de um círculo de 0,5 m², foram realizados cortes do capim-massai rente ao solo, antes da entrada e após a saída dos animais dos piquetes, para a avaliação de massa seca de forragem (kg ha⁻¹) e componentes morfológicos (folha, colmo+bainha e material morto). As amostras de forragem foram pesadas e, posteriormente, retirou-se uma subamostra de aproximadamente 400g para a separação dos componentes morfológicos do capim-massai.

Os componentes da forragem foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C durante 72 h, até obter peso constante. Em seguida, foi determinada a porcentagem de matéria seca (MS) da forragem colhida. Esses dados foram utilizados na identificação de diferenças de produções, em

quilogramas (kg) de folha, colmo e material morto por hectare entre os tratamentos.

3.7.COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAPIM MASSAI

A composição química da forragem foi obtida pela análise bromatológica de amostras colhidas pelo pastejo simulado dos animais. Para a colheita do material observou-se o comportamento ingestivo natural dos animais, bem como os locais da pastagem mais frequentados, procurando coletar uma amostra representativa de aproximadamente 200 g de material. A colheita do material do pastejo simulado ocorreu sempre no início do primeiro dia de pastejo, onde foram colhidas as partes superiores do dossel forrageiro (parte superior das folhas e folhas jovens), e no final do terceiro dia de pastejo, sendo colhidas nesse último dia as partes inferiores do estrato do dossel forrageiro (parte inferior das folhas). Após a colheita as amostras do primeiro e do último dia foram misturadas obtendo somente uma amostra composta.

As amostras, após secagem em estufa a 55 °C por 72 horas, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de malha de 1 mm. Posteriormente, foram determinados os teores de matéria seca (MS; 934,01) de acordo com Silva & Queiroz, 2002 e, proteína bruta (PB) (AOAC, 1990). Dos constituintes da fração fibrosa foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (VAN SOEST e ROBERTSON, 1980).

3.8.ESTIMATIVA DE CONSUMO DE FORRAGEM E DIGESTIBILIDADE

As estimativas de consumo foram realizadas seis dias consecutivos, em cinco ovinos por tratamento, com pesos médios 29 kg, sempre no terceiro ciclo de pastejo no mês de março, nos dois anos experimentais. Nessas coletas foram utilizados o quinto e o sexto piquete pastejado, nos três dias de

pastejo em cada piquete, permanecendo os piquetes anteriormente como aclimação dos animais ao tratamento proposto.

Foi utilizada nesta avaliação a técnica de duplo marcadora, sendo o LIPE® (lignina isolada, purificada e enriquecida do *Eucalyptus grandis*) utilizado como marcador externo, para a estimativa de produção de massa fecal (Equação 1). Esse foi administrado através de capsulas contendo 0,25 g oito dias consecutivos, em cinco ovinos por tratamento, com pesos médios 29 kg, sempre no terceiro ciclo de pastejo no mês de março, nos dois anos experimentais. Foram utilizados o quinto e o sexto piquete pastejado, nos três dias de pastejo em cada piquete, permanecendo os piquetes anteriormente como aclimação dos animais ao tratamento proposto. Foram amostradas cerca de 15 g das de fezes por dia através de toque manual retal, as quais foram enviadas à Universidade Federal de Minas Gerais para a estimação da produção de matéria seca fecal, a partir de dois métodos de leitura do LIPE® conforme descrito por SALIBA (2005).

$$PF = \frac{II}{IF} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: PF= Produção Fecal (kg de MS/dia); II= indicador ingerido (mg/dia) e IF= indicador nas fezes (mg/kg de MS).

Posteriormente, utilizou-se como marcador interno o FDNi através da metodologia de Berchielli et al. (2000). Amostras de fezes e do pastejo simulado de cada tratamento foram incubadas em sacos de nylon no rúmen de bovinos adultos por 288 horas. Após a incubação, os sacos passaram por procedimento de fervura em detergente neutro, lavados com água quente e acetona, secos e pesados (VAN SOEST e ROBERTSON, 1980), sendo o resíduo considerado o FDNi. Em posse dos resultados foi calculado o consumo da forrageira através da Equação 2:

$$CF = \frac{PF \times CFDNi \text{ Fezes}}{CFDni \text{ Pastejo simulado}} \dots\dots\dots \text{Equação 2}$$

Onde: CF=Consumo de forragem (kg/MS dia); PF=Produção fecal (kg/MS dia); CFDNi fezes= Concentração de FDNi nas fezes e CFDNi pastejo simulado= Concentração de FDNi no pastejo simulado.

Em posse dos resultados de consumo de forragem e produção fecal também foram calculados a digestibilidade da matéria seca através da Equação 3.

$$DMS = \frac{MSC - MSE}{MSC} \dots \text{Equação 3}$$

Onde: DMS= Digestibilidade da matéria seca; MSC= Matéria seca consumida e MSE= Matéria seca excretada

3.9. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE CH₄ RUMINAL

A estimativa de produção de CH₄ ruminal foi realizada concomitantemente e nos mesmos animais utilizados nas avaliações de consumo de forragem.

A determinação da produção de CH₄ ruminal foi realizada pela metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆), descrita por Primavesi et al. (2004), com modificações para a determinação em pequenos ruminantes. As adaptações incluíram redução do tamanho da canga coletora dos gases e adequação do comprimento do tubo capilar no cabresto coletor, responsável pela condução dos gases para o interior da canga coletora.

Para obter uma liberação constante do gás traçador (SF₆), foram utilizadas cápsulas de permeação contendo SF₆ com taxa de emissão do gás pré-determinada. As cápsulas foram colocadas no rúmen dos animais, com o auxílio de uma sonda esofágica, uma semana antes do início das coletas dos gases. As cangas coletoras foram trocadas a cada 24 horas e, após sua

retirada, foram armazenadas para posteriores análises de SF₆ e CH₄ em cromatógrafo a gás. A taxa de emissão de metano foi calculada a partir das concentrações de CH₄ e de SF₆ medidas nas cangas coletoras e da taxa conhecida de emissão de SF₆.

Após a obtenção da emissão de CH₄ calculou-se emissão por animal, por kg de peso corporal, por matéria seca consumida e por matéria seca consumida digestível.

3.10.DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 3 tratamentos (E1, E2 e SE) com 5 repetições (animais) para as avaliações de CH₄ ruminal e consumo. Para altura do dossel, massa seca de forragem, componentes morfológicos da forragem e composição química do capim-massai o delineamento experimental foi em blocos casualizados com 6 blocos (tempos de entrada nos piquetes), com medidas repetidas no tempo com dois fatores longitudinais (dois anos de avaliações e quatro ciclos de pastejo em cada ano).

3.11.ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para cada variável analisada, inicialmente selecionou-se a estrutura de covariâncias que melhor representasse as covariâncias entre os níveis dos fatores longitudinais (Anos e CP). Obtida a estrutura realizou-se a análise da variância usando modelos mistos, considerando tratamentos como o único fator de efeitos fixos. Para as comparações entre CP utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º, 2º e 3º graus) e para os tratamentos teste de comparações múltiplas (Tukey a 5% de probabilidade). As análises foram realizadas no programa estatístico SAS® (Statistical Analysis System) versão 9.3 (2002)

4. RESULTADOS

4.1. ALTURA, MASSA E COMPONENTES MORFOLÓGICOS DO CAPIM-MASSAI

Os resultados da análise de variância para a altura, massa e componentes morfológicos no pré e pós-pastejo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis de significância associados à altura, massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos de avaliações.

	Pré-pastejo					Pós-pastejo			
	Alt	MT	MF	MC	MM	MT	MF	MC	MM
Trat	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CP	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ano	*	*	*	*	*	ns	*	ns	*
Trat*CP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat*Ano	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CP*Ano	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	*
Trat*CP*Ano	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*=($P < 0,05$) e ns=($P > 0,05$), Fontes de variação Trat (tratamentos), CP (ciclos de pastejo), Ano (ano experimental), interações; Altura (Alt), Massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM); Estrutura para Altura (Alt) foi UN@AR(1) - Desestruturada para anos e Auto regressiva de primeira ordem para Ciclo de pastejo. Para as e demais variáveis as estruturas foram: UN@CS - Desestruturada para anos e Composta Simétrica para Ciclo de pastejo.

As médias de altura, massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) no pré-pastejo, do primeiro e segundo anos experimentais, são apresentadas na

Tabela 5. Não houve efeito significativo ($P>0,05$) em nenhuma variável acima descrita entre os arranjos arbóreos estudados.

Em relação aos anos de avaliação, observaram-se maiores valores, em condição de pré pastejo ($P<0,05$), em todas as variáveis no segundo ano de avaliação (Tabela 5). Já nos ciclos de pastejo, observou-se efeito cúbico para a variável MT no segundo ano experimental e para a altura nos dois anos experimentais. Para a variável MF foi observado efeito quadrático nos dois anos experimentais, e nas variáveis MC e MM foi observado efeito linear crescente no primeiro ano e em ambos os anos de experimento, respectivamente.

Tabela 5. Médias de Altura (cm), Massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) (Kg.ha^{-1}) no pré-pastejo do capim-massai em três tratamentos durante quatro ciclos de pastejo, em dois anos.

		Variáveis					
Tratamentos		Altura	MT		MF	MC	MM
SE		59,88 ²	13549		4947	4258	4479
E1		60,14	13085		4544	3964	4325
E2		60,31	12044		4324	4325	4107
Ciclos de pastejo		Ano ¹ 1 e 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1 e 2	Ano 1	Ano 2
1 ¹		58,32	11480	12608	5076	3828	2958
2		59,79	12568	13058	4910	4336	3508
3		55,91	12227	16451	5189	4428	4767
4		66,43	9614	15135	3543	4767	4962
Efeito para contraste		C	ns	C	Q	ns	L
Média para ano	Ano1	57,07B ³	11472B		4830B	3986B	3174A
	Ano2	63,15A	14313A		5189A	4049A	5433B

¹ 1º ano (2012 e 2013) e 2º ano (2013 e 2014), ciclo de pastejo 1 (janeiro), 2 (fevereiro) e 3 (março) e 4 (abril e maio).

² Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $\alpha=5\%$);

³ Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (F, $\alpha=5\%$)

⁴ SE (sem eucalipto), E1 (espaçamento entre eucaliptos de 6 m) e E2 (espaçamento entre eucaliptos de 12 m).

⁵ L (linear), Q (quadrático) e C (cúbico); significância ($\alpha=5\%$).

As médias de massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) no pós-pastejo, do primeiro e segundo anos experimentais são apresentadas na Tabela 6. Não houve efeito significativo ($P>0,05$) para nenhuma variável descrita acima entre os arranjos arbóreos estudados.

Em relação aos anos experimentais, foram observados menores valores ($P>0,05$) somente na variável MM no primeiro ano de avaliação, sendo as demais variáveis apresentando valores maiores ($P>0,05$) no primeiro ano. Nos ciclos de pastejo houve efeito cúbico na variável matéria seca de folha no segundo ano de avaliação, e a variável matéria seca de material morto apresentou efeito linear no primeiro ano, e efeito cúbico no segundo ano ($P<0,05$).

Tabela 6. Médias de Massa seca total (MT), massa seca de folha (MF), massa seca de colmo (MC) e massa seca de material morto (MM) (Kg.ha^{-1}) no pós-pastejo do capim-massai em três tratamentos durante quatro ciclos de pastejo, em dois anos.

		Variáveis				
Tratamentos		MT	MF		MC	MM
SE		8650	2394		3283	3903
E1		7494	2485		3204	4044
E2		8694	1982		3286	4316
Ciclos de pastejo		Ano 1 e 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1 e 2	Ano 1 e 2
1 ¹		7676	2849	1552	3116	2702
2		8894	2496	2621	3163	2963
3		8184	2870	1810	3672	3197
4		8384	2754	1345	3079	3633
Efeito para contraste		ns	ns	C	ns	L
Média para ano	Ano1	8704A	2743A		3688A	3174A
	Ano2	7855B	1832B		2828B	5433B

¹ 1º ano (2012 e 2013) e 2º ano (2013 e 2014), ciclo de pastejo 1 (janeiro), 2 (fevereiro) e 3 (março) e 4 (abril e maio),

² Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $\alpha=5\%$);

³ Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (F, $\alpha=5\%$)

⁴ SE (sem eucalipto), E1 (espaçamento entre eucaliptos de 6 m) e E2 (espaçamento entre eucaliptos de 12 m).

⁵ L (linear), Q (quadrático) e C (cúbico); significância ($\alpha=0,05$).

4.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAPIM-MASSAI

Os resultados da análise de variância nas variáveis de composição química das amostras colhidas pelo pastejo simulado estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7. Resultado da análise de variância para da fibra indigestível em detergente neutro (FDN), fibra indigestível em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e proteína bruta (PB), expressos na matéria seca, das amostras colhidas pelo pastejo simulado de capim-massai manejado em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos ano de avaliações.

Variáveis	%FDN	%FDA	%LIGNINA	%PROTEÍNA
Trat	ns	ns	ns	ns
CP	*	*	*	*
Ano	*	*	*	*
Trat*CP	ns	ns	ns	ns
Trat*Ano	ns	ns	ns	ns
CP*Ano	*	*	*	*
Trat*CP*Ano	ns	ns	ns	ns

*=($P < 0,05$) e ns=($P > 0,05$), Fontes de variação Trat (tratamentos), CP (ciclos de pastejo), Ano (ano experimental), interações, Trat*CP, Trat*Ano, CP*Ano e Trat*CP*Ano; Estrutura para %Proteína UN@CS – Desestruturada para Anos e Composta simétrica para Ciclos de Pastejo e demais variáveis UN@ AR(1) – Desestruturada para Anos e Auto Regressiva de Primeira Ordem para Ciclos de Pastejo.

As médias correspondentes as variáveis de composição química nos dois anos de avaliações estão expostas na Tabela 8. Não houve efeito significativo entre os arranjos arbóreos em relação às % de FDN, FDA, lignina e PB ($P > 0,05$). Todas as variáveis estudadas apresentaram maiores valores no segundo ano de avaliação ($p < 0,05$).

Em relação aos ciclos de pastejo, a % de FDN apresentou efeito cúbico no segundo ano de avaliações ($P>0,05$). A % de FDA apresentou efeito cúbico no primeiro ano e efeito linear crescente no segundo ano ($P>0,05$). A porcentagem de lignina apresentou efeito linear no primeiro ano de avaliação e efeito quadrático no segundo ano ($P>0,05$). A proteína apresentou efeito cúbico no primeiro ano e efeito quadrático no segundo ano ($P>0,05$).

Tabela 8. Médias de fibra indigestível em detergente neutro (FDN), fibra indigestível em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e proteína bruta (PB), corrigidos para matéria seca, do pastejo simulado de capim-massai manejado em lotação intermitente com três espaçamentos entre arranjos arbóreos ao longo dos ciclos de pastejo, em dois anos de avaliações.

		Variáveis							
Tratamentos		%FDN		%FDA		%LIG		%PB	
SE		69,23		38,15		4,64		10,10	
E1		69,28		38,85		4,71		9,99	
E2		69,98		38,09		5,04		9,69	
Ciclos de pastejo		Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
1 ¹		68,20	69,70	37,41	38,32	4,94	3,61	8,43	10,41
2		68,39	70,82	37,76	38,59	4,08	5,60	9,13	11,52
3		67,15	72,87	39,69	39,02	4,16	6,30	8,65	11,02
4		66,91	69,21	37,50	40,05	4,20	5,47	10,53	9,71
Efeito para contraste		ns	C	C	L	L	Q	L	C
Média para ano	Ano1	67,6B		38,09B		4,34B		9,18B	
	Ano2	70,6A		39,99A		5,24A		10,67A	

¹ 1º ano (2012 e 2013) e 2º ano (2013 e 2014), ciclo de pastejo 1 (janeiro), 2 (fevereiro) e 3 (março) e 4 (abril e maio),

² Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $\alpha=5\%$);

³ Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si (F, $\alpha=5\%$)

⁴ SE (sem eucalipto), E1 (espaçamento entre eucaliptos de 6 m) e E2 (espaçamento entre eucaliptos de 12 m).

⁵ L (linear), Q (quadrático) e C (cúbico); significância ($\alpha=0,05$).

4.3. ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CH₄ RUMINAL E CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) no consumo de matéria seca e na emissão de CH₄ ruminal por animal, kg peso vivo, Kg de matéria seca consumida e kg de matéria seca digestível consumida entre os arranjos arbóreos estudados (Tabela 9).

Tabela 9. Médias de emissão de metano ruminal (g dia⁻¹), consumo de matéria seca (%) e digestibilidade da matéria seca (%) em três arranjos arbóreos, em pastos de capim-massai sob lotação intermitente em dois anos de avaliações.

		Tratamentos				
Variáveis		SE	E1	E2	CV	P valor
Consumo matéria seca	1	1,80	1,80	2,00	11,7	0,27
	2	1,90	1,80	2,00	9,2	0,15
Digest. - matéria seca	1	50,42	50,95	54,16	8,58	0,46
	2	50,07	52,07	53,53	3,18	0,51
CH ₄ /animal	1	5,80	7,10	6,20	47,80	0,27
	2	10,20	9,20	9,40	18,7	0,68
CH ₄ /kg peso corporal	Ano 1	0,21	0,22	0,25	50,9	0,37
	2	0,36	0,33	0,34	22,7	0,76
CH ₄ /kg Matéria seca consumida	1	0,012	0,012	0,011	33,90	0,88
	2	0,02	0,02	0,02	29,3	0,54
CH ₄ /kg Matéria seca consumida digestível	1	0,02	0,03	0,02	37,40	0,66
	2	0,04	0,04	0,03	30,4	0,41

¹SE (sem eucaliptos), E1 (espaçamento entre eucaliptos de 6 m), E2 (espaçamento entre eucaliptos de 12 m).

²Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si (Tukey, $\alpha=5\%$).

5. DISCUSSÃO

Os arranjos arbóreos não modificaram o desenvolvimento da planta forrageira, (Tabela 7 e 8). O experimento em questão estava em estágio de implantação, não produzindo área de sombra suficiente para modificar o microclima do dossel forrageiro.

Em geral em sistemas silvipastoris já consolidados pode-se observar menor produtividade e menor perfilhamento, se os compararmos com pastos a pleno sol, esse fato é explicado, pois a sombra proporcionada pelas árvores diminui a quantidade e qualidade da luz que incide sobre o dossel forrageiro e, dessa forma diminui a produção de assimilados produzidos pela fotossíntese (VENTURIN et al., 2010). Abraham et al. (2014), em experimento com diferentes proporções de sombreamento (0, 60 e 90%) identificaram que o aumento da sombra proporcionou mudanças estruturais na planta forrageira, diminuindo o perfilhamento e produção de massa. Devkota et al. (2009), em experimento com diferentes níveis de sombra (12, 23 e 81%) em sistema silvipastoril observaram o decréscimo da produção da planta forrageira com o aumento do sombreamento. Villanueva et al. (2008), estudando diferentes espécies arbóreas, em pastagens em sistema silvipastoril na Costa Rica, encontraram redução na produção de massa seca de forragem em pastos com a presença de árvores, os autores também relatam que as espécies arbóreas que possuíam sombras mais densas foram as que mais diminuíram a produção de forragem.

Concomitantemente ao não efeito dos tratamentos sobre o desenvolvimento da planta forrageira, não foram observados variações em seus componentes bromatológicos (Tabela 10). Outros autores em sistemas silvipastoris observaram que existência de árvores no sistema pastoril altera toda a bromatologia do dossel forrageiro (KREUZER & HINDRICHEN, 2006; SOUZA et al., 2007).

De uma maneira geral o sistema silvipastoril aumenta os níveis de proteína bruta do dossel nele inserido (SOUSA et al., 2007; SOARES e al.,

2009). Com a presença de sombra das árvores, todo aparato fotossintetizante do dossel forrageiro é aumentado, para que a luz difusa proporcionada pelas copas das árvores seja aproveitada mais eficientemente, assim hormônios e outras substâncias orgânicas proteicas elevam sua proporção na planta, e com isso há maior concentração de proteína bruta (GOBBLET, et al., 2007). Salinas et al. (2013), evidenciaram a forte influência da copa das árvores nos componentes bromatológicos da planta forrageira. Esses autores observaram uma queda expressiva do componente bromatológico proteína, quando foram retiradas as árvores de um sistema silvipastoril implantado há 12 anos. Castro et al. (2008), em trabalho com *Brachiaria decumbens*, em sistema silvipastoril com várias espécies de leguminosas arbóreas, encontraram maior quantidade de proteína em pastos sob as influências de árvores.

Em relação aos teores de fibra e lignina em sistema silvipastoril, ainda há dados conflitantes, podendo haver queda ou aumento de seus valores. Souza et al. (2007), em trabalho com *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, em sistema silvipastoril observaram maior quantidade das frações fibrosas da planta forrageira, que foram submetidas ao tratamento com sombra natural. Os autores citam que esse aumento se deve provavelmente ao maior estiolamento da planta forrageira com a presença de sombra, o que infere maior proporção do componente colmo e, assim, maior proporção de fibra e lignina. Segundo Kephart e Buxton (1993), em estudo com cinco espécies de gramíneas, o componente arbóreo provocou a diminuição em 3% da parede celular das folhas das plantas forrageiras e, desse modo houve menor proporção de fibra e lignina.

Contudo, somente os fatores climáticos modificaram o crescimento da planta forrageira, havendo queda nos valores de a MT, no pré pastejo e MF no pré e pós pastejo, e o aumento do componente MM no pré e pós pastejo, no último ciclo de pastejo (Tabela 7 e 8). Esses comportamentos são explicados pela queda da precipitação e diminuição do fotoperíodo e temperatura após o terceiro ciclo de pastejo, o que diminui o desenvolvimento forrageiro e aumentou a senescência (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996;

SANTOS et al., 1999). Fagundes et al. (2006), em experimento com capim-braquiária, observaram queda no desenvolvimento forrageiro na transição entre verão a inverno, o autor relata que essa diminuição se deve ao decréscimo das condições favoráveis no desenvolvimento da planta forrageira. Sinclair et al. (2003), também estudaram a influência da redução do fotoperíodo no desenvolvimento de gramíneas subtropicais e, constataram queda no crescimento do dossel forrageiro com a diminuição do fotoperíodo.

As condições climáticas também explicam o aumento da MC no pré-pastejo, no primeiro ano de avaliação, e a altura no pré-pastejo, no último ciclo de pastejo. A diminuição do fotoperíodo ocorrida no último ciclo de pastejo estimulou o florescimento do capim-massai, assim há um natural alongamento de colmo e, conseqüentemente, uma maior proporção do componente colmo e maior altura do dossel forrageiro (BALSALOBRE et al., 2003; BARBOSA et al., 2007).

Ao mesmo tempo os efeitos das variações climáticas sobre a produção de forragem e componentes morfológicos da forragem, afetaram os componentes bromatológicos. A transição entre o período chuvoso para o período seco afetou a proporção de proteína no primeiro ano de avaliação, apresentando valores maiores no último ciclo de pastejo. Entre o período de abril a maio aconteceu o florescimento do capim-massai, evento proporcionado pela diminuição da precipitação, luminosidade e temperatura nesse período (BALSALOBRE et al., 2003), assim com a presença de inflorescências no último ciclo de pastejo no primeiro ano de avaliação houve o aumento da quantidade de proteína nesse período.

Contudo no segundo ano de avaliação houve um período de poucas chuvas durante o verão, esse fato alterou o comportamento de crescimento da forrageira observado no primeiro ano. Assim, houve aumento das frações lignina e FDN até o terceiro ciclo de pastejo e, aumento de FDN, FDA, lignina e proteína, no segundo ano de avaliações se comparado ao primeiro ano. Com a baixa umidade do solo, encontrada nesse período há desaceleração do crescimento da planta forrageira, assim a renovação nos tecidos da planta

são prejudicados aumentando o tempo de vida das folhas, e consequentemente há acúmulos maiores de FDN, FDA, proteína e lignina (PACIULLO et al., 2008). Balsalobre et al. (2003) em experimento com capim-tanzânia, observaram menor qualidade da pastagem nos meses de estiagem, elucidando que esse efeito se deve a diminuição da renovação celular proporcionada pelo déficit hídrico. A diminuição da quantidade de água para a planta forrageira também proporciona o aumento de sua matéria seca, o que concentra e aumenta a porcentagem de todos os componentes bromatológicos (BARRETO et al., 2001; MATTOS et al., 2005).

A produção de CH_4 ruminal está intrinsicamente relacionada à quantidade e composição química da planta forrageira ingerida pelo animal (BEEVER et al., 1989; KURIHARA et al., 1999). O aumento do consumo animal principalmente de alimentos fibrosos, como é o caso das pastagens, proporciona maior produção de ácido acetato e butírico no rúmen que, posteriormente, liberam maior quantidade de H_2 , sendo esse aproveitado para a produção de CH_4 (KURIHARA et al., 1999; KREUZER & HINDRICHEN, 2006; PINARES-PATINO et al., 2003). Reynolds et al. (2009), em experimentos com gado de corte demonstraram que a produção de CH_4 está diretamente relacionada com a ingestão de matéria seca, onde a emissão desse gás responde de maneira positiva ao aumento da ingestão de matéria seca. Ellis et al. (2007), encontraram em avaliações com gado de corte e leiteiro correlação positiva entre a emissão de CH_4 e os constituintes fibrosos e a lignina.

Assim não havendo efeito significativo para as variáveis relacionadas aos componentes morfológicos e bromatológicos e para o consumo e digestibilidade da matéria seca, a emissão de CH_4 ruminal também não foi afetada (Tabelas 7, 8, 10 e 11).

Contudo, os valores encontrados no presente estudo de emissão de CH_4 foram menores que os encontrados na literatura, apresentando médias de emissão de CH_4 de 7,98 g/dia/animal e 0,29 g/kg de peso vivo/dia (Tabela 11). Lassey et al. (1997) em experimento com ovinos em pastagens

temperadas encontraram valores de emissão de CH_4 por kg de peso vivo em média de 0,51 g/dia, trabalhando com ovinos de 8 meses de idade e 37 kg de peso vivo. Pinares-patino et al., (2003) em experimento com ovinos em pastejo na Nova Zelândia encontraram média de 0,6 g/dia de produção de CH_4 por kg de peso vivo. Judd et al. (1999) encontraram também maiores valores de emissão de CH_4 por animal (19,5 g/dia) os autores utilizaram para pesquisa ovinos de 6 meses de idade em pastagens de azevem e trevo branco.

Os maiores valores de emissão de CH_4 encontrados por esses autores em comparação com o presente estudo podem ser explicados pelo maior consumo de matéria seca por animal/dia encontrados em seus estudos. O consumo tem correlação positiva com a emissão de CH_4 , desse modo quanto maior o consumo de matéria seca maior será a produção de metano (KURIHARA et al., 1999; KREUZER & HINDRICHEN, 2006; REYNOLDS et al., 2009). No presente experimento foram utilizados animais com média de peso corporal de 29 kg e, esses animais apresentaram consumo de matéria seca em média de 1,9% do peso vivo animal, cerca de 530 g de matéria seca por animal/dia, sendo esse valor compatível ao estado de manutenção que os animais estavam submetidos, fato explicado pela manutenção do peso corporal durante os ciclos de pastejo. Contudo, Lassey et al. (1997), encontraram consumo de 3,4 % do peso vivo. Judd et al. (1999), encontraram consumo de 1,7 kg de matéria seca por dia. Pinare-Patiño et al. (2003) utilizaram animais de 45 kg de peso corporal, o consumo é proporcional ao peso corporal, assim com animais mais pesados que o presente estudo, esperasse também maior consumo.

6. CONCLUSÃO

Os arranjos arbóreos estudados não afetaram o desenvolvimento da planta forrageira, não alterando assim seus componentes morfológicos e

bromatológicos e, somente as variações climáticas sazonais produziram mudanças. Associada a não alteração dessas variáveis também não foi observado alteração na emissão de metano ruminal entre os tratamentos.

7. REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E.M.; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M.; KOSTOPOULOU, P.; KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**; ed 88(2), p 287-299, 2014.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. PEREIRA, O. G.; SOUZA, A.L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Ed. 12, pg 1015, 1990.
- BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.32, p.519-528, 2003.
- BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M. et al. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.32, p.519-528, 2003.

- BARBOSA, B. NASCIMENTO JR., D. EUCLIDES, V. P. B. *et al.*, Capim – tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo . **Pesq. Agro. Bras.**, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.
- BARRETO, G. P.; LIRA, M.A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B. Avaliação de clones de capim-elefante (*pennisetum purpureum* schum.) e de um híbrido com o milho (*pennisetum glaucum* (L.) r. br.) submetidos a estresse hídrico. 2. valor nutritivo. **Rev. bras. zootec.**,v 30(1), p 7-11, 2001.
- BEEVER, D. E.; CAMRNELL S. B.; SUTTON, J. D.; SPOONER, M. C.; HAINES, M. J.; HARLAND, J. I. The effect of concentrate type on energy utilization in lactating cows. Proc. 11th Symp. **On Energy Metabolism EAAP Publication**, n.43:33, 1989.
- BERBIGIER, P. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: cattle, sheep and goats, pigs. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1. **Anais...** Jaboticabal: FMVZ/UNESP/FUNEP, p. 7-44, 1989.
- CASTRO, A.C.; LORENÇO JUNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, A. B.; GARCIA, A.R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2395-2402, 2008.
- ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: **A review. Livestock Science**, v. 130, p. 47-56, 2010.
- ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N.E. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3456-3467, 2007.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Seminário Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Brasília: **EMBRAPA**, ed. 2, p.306, 2006.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MISTURA, C.; MORAIS, R.V.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D.R.; COSTA, L.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.1, p.21-29, 2006.
- HUSSAIN, Z.; KEMP, P.D.; HORNE, D.J.; JAYA, I.K.D. Pasture production under densely planted young willow and poplar in a silvopastoral system. **Agroforest Syst**, v.76, p. 351–362.
- IPCC - Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007.
- JUDD, M.J.; KELLIER, F.M.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R.; TATE, K.; SHELTON I.D.; HARVEY, M.J.; WALKER, C.F. Net methane emissions from grazing sheep. **Global Change Biology**, v 5, p 647-657, 1999.
- KARKI, S., ELSGAARD, L., AUDET, J., AND LÆRKE, P. E.: Mitigation of greenhouse gas emissions from reed canary grass in paludiculture: effect of groundwater level. **Plant Soil**, v.383, p.217–230, 2014.
- KELLY, C.; BOND, T. Bioclimatic factors and their measurement. A guide to environmental research on animals. **National Academy of Sciences**, p. 71-92, 1971.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.F. Forage quality responses of C3 and C4 perennial to shade. **Crop Science.**, v.33, pg.831-837, 1993.

- KREUZER, M.; HINDRICHEN, I.K. Methane mitigation in ruminants by dietary means: The role of their methane emission from manure. **International Congress Series**. 1293, 199– 208, 2006.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A. et al. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.227-234, 1999.
- LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J.; WALKER, C.F.; SHELTON, I.D. Methane emissions measured directly from grazing livestock in new Zealand. **Atmospheric Environment** v. 31, n. 18, p. 2905-2914. 1997.
- LEMAIRE, E., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, I., ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. p.3-36, 1996.
- MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A. Crescimento de Espécies de Brachiaria sob Déficit Hídrico e Alagamento a Campo. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.3, p.755-764, 2005.
- MELONI, S. A simplified description of the three-dimensional structure of agroforestry trees for use with a radioactive transfer model. **Agroforestry Systems**, v. 43, p 121-134, 1999.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. de; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.
- PERON, A. J, EVANGELISTA, A. R, Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência Agrotecnica**, v. 28, n. 3, p. 655-661, maio/jun., 2004.
- PINARES-PATIÑO, C.S., ULYATT, M.J., LASSEY, K.R., BARRY, T.N., HOLMES, C.W. Rumen function and digestion parameters associated with differences between sheep in methane emissions when fed chaffed

lucerne hay. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v 140, 205–214, 2003.

PRIMAVESI, O., FRIGHETTO, R.T.S., PEDREIRA, M.S. et al. Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. CD. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 76p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 39), 2004.

REYNOLDS, C.K.; CROMPTON, L.A.; MILLS, J.A.N. Improving the efficiency of energy utilization in cattle. Winnipeg, pg.55-65, 2009.

SALIBA, E.O.S, Uso de Indicadores: Passado, presente e futuro, In: I TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 2005, Belo Horizonte: **Anais**, Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária da UFMG, p, 04-22, 2005.

SALINAS, L. M.; MEDOZA, M.C. V.; ORTIZ, S.L.; RESENDIZ, C.A.; CAMPBELL, W.B.; CASTORENA, M.C.G. Growth, productivity and quality of *Megathyrus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*.. **Agroforest Syst**, ed. 87, p. 891–899, 2013.

SANTOS, J.R.S.; SOUZA, B.B.; SOUZA, W.H.; CEZAR, M.F.; TAVARES, G.P. Physiologic responses and thermal variation of Santa Inês, Morada Nova sheep and theirVcrossbreed with Dorper breed to the semi-arid northeastern of Brazil, **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 995-1001, 2006.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da Frequência de Pastejo e da Época do Ano sobre a Produção e a Qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.2, p.244-249, 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV,.p 235, 2002.

- SINCLAIR, T.R.; RAYB, J.D.; MISLEVYC, P.; PREMAZZIA. Growth of subtropical forage grasses under extended photoperiod during shortdaylength months. **Crop Science**, v. 43 n. 2, p. 618-623, 2003.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.443-451, 2009.
- SOUSSANA, J. F.; TALLEC, T. & BLANFORT, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 334-350. 2010.
- SOUZA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em um sistema silvipastoril. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, p.1029-1037, 2007.
- US.Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS) **Topographic Lidar: Eastern Connecticut**, 2010.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: PIDGEN, W.J.; BALCH, C.C.; GRAHAM, M. (Eds.). Standardization of analytical methodology for feeds. Ottawa: **International Development Research Centre**, 1980.
- VENTURIN, R.P.; GUERRA, A.R; MACEDO, R.L.G; VENTURIN, N.; MESQUITA, A.deM. Sistemas Agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. **Informe Agropecuário**. v.31, n.257, p.16-24, 2010.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; KARINA PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura- -pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1.127-1.138, 2011.
- VILLANUEVA, C.; IBRAHIM, M.; SUAREZ, J.R.J. Disponibilidade de *Brachiaria brizantha* em potrerros com diferentes niveles de cobertura

arbórea em el trópico subhmedo de Costa Rica. **Zootecnia Tropical**, v.26, n.3, pg.293-296,2006.

WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: **Forages for plantation crops**. (Eds. SHELTON, H. M. e STUR, W. W). ACIAR Proceeding, v. 1, n. 32, p.10, 1991.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho corrobora com os resultados encontrados para emissão de gases de efeito em sistema integrados, demonstrando a importância de se avaliar os fluxos desses gases em manejo agrosilvipastoril.

Os resultados desta pesquisa demonstraram que a introdução de árvores no sistema pastoril não modificou o microclima do dossel forrageiro e, assim, a emissão de N_2O , CH_4 e CO_2 também não foram modificados. Contudo a falta de modificação na emissão desses gases provavelmente se deve ao fato do experimento em questão estar em fase de implantação, sendo preciso avaliar os sistemas integrados em longo prazo.

Somente os fatores climáticos e a disponibilidade de nutrientes afetaram a emissão desses gases. Sendo o aumento da temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes afetaram positivamente suas emissões.