UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

METANO ENTÉRICO E CONSUMO DE OVINOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ARBÓREOS

Paola Palauro Spasiani
Zootecnista

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

METANO ENTÉRICO E CONSUMO DE OVINOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ARBÓREOS

Paola Palauro Spasiani

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Dr. Alexandre Berndt

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

2016

Spasiani, Paola Palauro
S737m Metano entérico e consumo de ovinos em sistema silvipastoril com diferentes espaçamentos arbóreos / Paola Palauro Spasiani. – – Jaboticabal, 2016
xiii, 52 p. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel, Naomi Cristina Meister
Bibliografia

1. Ovinocultura. 2. Energia digestível. 3. Capim-massai. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.3:636.085.51

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: METANO ENTÉRICO E CONSUMO DE OVINOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ARBÓREOS

AUTOR(A): PAOLA PALAURO SPASIANI
ORIENTADORA: ANA CLÁUDIA RUGGIERI
CO-ORIENTADOR: ALEXANDRE BERNDT
CO-ORIENTADOR: RICARDO ANDRADE REIS

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre(a) em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA CLÁUDIA RUGGIERI
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Dra. NAOMI CRISTINA MEISTER
Diretoria Administrativa / BrasilComZ Consultoria em Produção Animal - Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 24 de março de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Paola Palauro Spasiani – Nascida na cidade de São Carlos, em 15 de dezembro de 1986. Ingressou em Fevereiro de 2008 no curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Foi bolsista de iniciação científica PROEX (Pró-Reitoria de Extensão) no período de setembro de 2011 a dezembro de 2012 e bolsista de iniciação científica da FUNEP em projeto financiado pela empresa Stoller do Brasil Ltda. no período de janeiro de 2013 a janeiro de 2014. Graduou-se em Zootecnia em fevereiro de 2014. Iniciou em março de 2014 o curso de pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado (bolsista CAPES) na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, pelo Seu amor incondicional e pela capacidade que me concedeu para realizar meu trabalho.

Aos meus pais, Paulo e Rosa, pelo imenso amor, oportunidades e por sempre me apoiarem em tudo na minha vida. Fomos mais uma vez vitoriosos!

À minha irmã, Jerusa, por todo amor, apoio e incentivo.

À toda minha família, que de uma forma geral, participou desta fase, me incentivando e compreendendo as minhas ausências.

À minha orientadora, Dra. Ana Cláudia Ruggieri pela amizade, oportunidade, conhecimentos dedicados, por ter acreditado na minha capacidade e por ter sido minha querida mãe científica.

Ao co-orientador, Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis pelos ensinamentos, valiosas sugestões, amizade e contribuição científica.

Ao co-orientador Dr. Alexandre Berndt, pelos preciosos ensinamentos dedicados e contribuição científica.

À prof. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel pela amizade, contribuição científica e por ter aceitado participar da banca, contribuindo com os seus conhecimentos.

À Dra. Naomi Cristina Meister pela amizade, contribuição científica e por ter aceitado participar da banca, contribuindo com os seus conhecimentos.

Ao prof. Dr. Euclides Braga Malheiros pela amizade, ensinamentos, contribuição científica.

À Dra. Estella Rosseto Janusckiewicz pela amizade, momentos especiais e inesquecíveis e contribuição científica.

À Elisamara Raposo pela amizade, momentos especiais e inesquecíveis e contribuição científica.

Ao Tiago Silva do Nascimento pela parceria no experimento, pela amizade e pela imensa paciência nos meus momentos de desespero.

Ao Fernando de Oliveira Alari, pela amizade, ajuda e por ter tirado as minhas dúvidas em momentos de desespero.

Aos queridos estagiários Jonathan (Porcelana), Lucas (Fussin), Fabiana (Pintura), André (Gaguin), Angelo (Da Terra), Iago, Bárbara e Velizie por toda a dedicação e descontração nos momentos de coleta e todo o carinho com os “meus” carneirinhos!

Aos meus companheiros de setor: Abmael, Liziane, Flávia, Mariana e Luíza e pela amizade e socorro!

Aos companheiros agregados do setor: Tiago, Lutti, Diego, Alvair e Raoni (Zé Maier) pela amizade e contribuição.

À minha grande amiga Tatiane Elis Faisting pela amizade verdadeira, dedicação e companheirismo ao longo de oito anos, inclusive compreendendo minhas ausências.

Ao querido Claudio Mascaro pelo amor, companheirismo, apoio, carinho, conselhos, paciência, socorro e força.

Ao Turquinho, funcionário imprescindível do setor de Forragicultura e Pastagens pela ajuda e amizade.

A todos os demais que de alguma maneira contribuíram para a elaboração/execução deste trabalho, muito obrigada!

À coordenadora do Programa de Pós Graduação em Zootecnia Dra. Izabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira.

À CAPES e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade e concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

RESUMO.....viii
ABSTRACT x
LISTA DE TABELAS xii
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1. Ovinocultura no Brasil 3
2.2. Sistemas silvipastoris.....4
2.3. Altura do dossel, massa de forragem e digestibilidade em sistemas silvipastoris.....7
2.4. Manejo de pastagem.....9
2.5. Capim-massai (Panicum maximum x Panicum infestum) 11
2.6. Consumo de forragem 12
2.7. Produção e emissão de metano por ruminantes.....14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....17
3.1. Área experimental e dados climáticos.....17
3.2. Espécies utilizadas e implantação da área experimental.....18
3.3. Solo da área experimental e adubação.....18
3.4. Ciclos de pastejo.....19
3.5. Manejo da pastagem e animais 19
3.6. Composição química do pastejo simulado.....21
3.7. Variáveis estudadas.....22
3.7.1. Altura e massa de forragem do capim-massai.....22
3.7.2. Consumo de matéria seca e energia 22
3.7.3. Digestibilidade aparente da matéria seca.....23
3.7.4. Produção de metano entérico.....23
3.8. Delineamento experimental e análises estatísticas.....24
4. RESULTADOS 25
4.1. Altura e massa de forragem.....25
4.2.Digestibilidade aparente da matéria seca 28

4.3. Consumo de matéria seca e energia 28
4.4. Emissões de metano entérico.....30
5. DISCUSSÃO 31
6. CONCLUSÃO.....37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

METANO ENTÉRICO E CONSUMO DE OVINOS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ARBÓREOS

RESUMO - Esse estudo teve como objetivo identificar e quantificar as diferenças na emissão de metano, consumo e digestibilidade aparente de ovinos mantidos em pastos de capim-massai (*Panicum maximum* x *Panicum infestum*) em sistema silvipastoril sob lotação intermitente com diferentes espaçamentos arbóreos. O experimento foi conduzido no setor de Forragicultura e Pastagens da FCAV, UNESP Jaboticabal, SP, no período de janeiro a julho de 2015. Os tratamentos foram constituídos de dois espaçamentos entre árvores de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) (6,0m x 1,5m e 12,0m x 1,5m) em sistema silvipastoril (E6 e E12, respectivamente), e um tratamento que permaneceu sem árvores (SA). Foram utilizados ovinos adultos, manejados sob lotação intermitente. Como critério de entrada dos animais no pasto, foi utilizada a medida de 95% de interceptação luminosa do capim-massai. Como critério de saída, foi utilizada a altura de 20 cm da planta forrageira. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (arranjos arbóreos) e seis repetições (piquetes) no caso das variáveis de altura e massa do capim-massai e cinco repetições (animais) das variáveis de digestibilidade, consumo e emissão de metano (CH_4). Os pastos foram avaliados em épocas do ano (águas e seca). Foi realizada a análise de contrastes ortogonais (1º e 2º graus) para os ciclos de pastejo e teste de médias Tukey para espaçamentos arbóreos (α=5%). Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos para altura do dossel forrageiro, relação entre massa seca de forragem verde:morta e massa seca de forragem do pré e pós pastejo nos três ciclos, sendo o tratamento E6 o que apresentou os menores ($p<0,05$) valores em relação aos demais tratamentos. Houve interação significativa ($p<0,05$) entre os ciclos de pastejo e espaçamentos arbóreos para as médias de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS). As médias de DMS do ciclo de julho foram maiores ($p<0,05$) do que as do ciclo de março. No ciclo de julho as médias de DMS variaram entre os espaçamentos arbóreos sendo no tratamento SA maiores ($p<0,05$) que o tratamento E6. Houve interação significativa ($p<0,05$) entre os ciclos de pastejo e espaçamentos arbóreos para as médias de consumo de forragem e de energia. O consumo de matéria seca (CMS) foi maior no ciclo de pastejo de julho. Houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os espaçamentos arbóreos somente nas médias de CMS, consumo de energia bruta (CEB) e consumo de energia digestível (CED) do ciclo de pastejo de julho, onde o tratamento SA apresentou maiores ($p<0,05$) médias em relação ao tratamento E6. Houve interação significativa ($p<0,05$) entre os ciclos de pastejo e espaçamentos arbóreos nas médias de emissão de CH_4 pelos animais por dia e por ano (CH_4dia e CH_4ano). No ciclo de pastejo de julho, as médias de CH_4dia e CH_4ano foram maiores ($p<0,05$) em comparação com as médias de março. As variáveis de emissão de CH_4 por unidade de consumo apresentaram diferenças significativas apenas para ciclo de pastejo, onde julho apresentou menores ($p<0,05$) valores de emissão e CH_4 por kg de matéria seca consumida, por energia bruta consumida e por energia digestível consumida, quando comparado às emissões do ciclo de pastejo de março.

Palavras-chave: ovinocultura, energia digestível, capim-massai, massa de forragem, composição química, pastejo simulado

ENTERIC METHANE AND INTAKE OF SHEEP IN SILVOPASTORAL SYSTEM WITH DIFFERENT ARBOREAL SPACINGS

ABSTRACT - This study aimed to identify and quantify the differences in methane (CH_4) emission, intake and apparent digestibility of sheep kept in massaigrass pastures (*Panicum maximum* x *Panicum infestum*) in silvopastoral system under intermittent stocking with different arboreal spacings. The experiment was conducted at the Forage and Pastures sector of FCAV, UNESP Jaboticabal, SP, from January to July 2015. The treatments consisted of two spacings between eucalyptus trees (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) (6,0m x 1,5m and 12,0m x 1,5m) in silvopastoral system (E6 and E12, respectively), and a treatment that remained treeless (TL). Adult sheep, managed under intermittent stocking were used. As animals enter criteria in the pasture was used to measure 95% light interception of massaigrass. As exit criteria, it used the height of 20 cm of the forage plant. The experimental design was completely randomized with three treatments (arboreal arrangements) and six replicates (paddocks) in the case of height and mass variables of the massaigrass and 5 repetitions (animals) of digestibility variables, intake and emission of methane (CH_4). The pastures were evaluated in a year (water and dry seasons). The analysis of orthogonal contrasts was held (1st and 2nd degree) for grazing cycles and Tukey test for arboreal spacings (α = 5%). There was a significant difference ($p < 0.05$) between treatments for sward height, ratio of dry matter forage: dead, dry herbage mass of pre and post grazing in the three cycles, the E6 treatment which presented the lower ($p < 0.05$) values than the other treatments. There was a significant interaction ($p < 0.05$) between grazing cycles and arboreal spacings for the average apparent digestibility of dry matter (DDM). The average DDM July cycle were greater ($p < 0.05$) than those of March cycle. In cycle July average DDM varied between arboreal spacings being larger TL treatment ($p < 0.05$) than the E6 treatment. There was a significant interaction ($p < 0.05$) between grazing cycles and arboreal spacings for the average forage and energy intake. The dry matter intake (DMI) was higher in July grazing cycle. There was a significant difference ($p < 0.05$) between the arboreal spacings only in average DMI, gross energy intake (GEI) and digestible energy intake (DEI) of July grazing cycle, where treatment TL showed higher ($p < 0.05$) averages for the E6 processing. There was a significant interaction ($p < 0.05$) between cycles of grazing and arboreal spacings in average CH_4 emission by animals per day and per year (CH_4day and CH_4year). In the grazing cycle of July, the average CH_4day and CH_4year were higher ($p < 0.05$) compared with the averages for March. The CH_4 emission variables per unit of intake showed significant differences only for grazing cycle, where July showed lower ($p < 0.05$) emission and CH_4 per kg of dry matter consumed by gross energy consumption and digestible energy consumed when compared to emissions of March grazing cycle.

Keywords: sheep breeding, digestible energy, massai-grass, herbage mass, chemical composition, simulated grazing

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química de solo da área experimental em dezembro de 2014..... 33

Tabela 2. Período de ocupação (dias) dos piquetes e número de animais utilizados por piquete por dia em cada ciclo de pastejo (fevereiro, março e julho), nos diferentes espaçamentos arbóreos estudados..... 35

Tabela 3. Peso médio dos animais (kg) utilizados nos diferentes espaçamentos arbóreos (tratamentos) em 2015..... 35

Tabela 4. Teores médios dos componentes bromatológicos das amostras de pastejo simulado coletadas nos meses de março e julho de 2015..... 36

Tabela 5. Significância associada às fontes de variação (FV) de variação da altura e massa de forragem no pré e pós-pastejo do capim-massai submetido a três espaçamentos arbóreos (EA) durante ciclos de pastejo (CP) sucessivos em 2015..... 40

Tabela 6. Altura do dossel, massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV), massa seca de material morto (MSMM) e relação verde/morto (V:M) do capim-massai no pré-pastejo submetido a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - durante ciclos de pastejo sucessivos em 2015..... 41

Tabela 7. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV) e massa seca de material morto (MSMM) do capim-massai no pós-pastejo submetido a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - durante ciclos de pastejo em 2015..... 42

Tabela 8. Digestibilidade aparente da matéria seca (%) do capim-massai pastejado por ovinos em sistema silvipastoril submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos períodos de águas e seca de 2015..... 43

Tabela 9. Significância associada às causas de variação das medidas de consumo de matéria seca e energia por ovinos submetidos a três espaçamentos arbóreos (EA) durante dois ciclos de pastejo em 2015..... 43

Tabela 10. Consumo de matéria seca e energia por ovinos em sistema silvipastoril, alimentados com capim-massai, submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos períodos de águas e seca de 2015..... 44

Tabela 11. Significância associada às causas de variação das emissões de CH_4 entérico por ovinos submetidos a três espaçamentos arbóreos (EA) durante dois ciclos de pastejo (CP) no ano de 2015..... 45

Tabela 12. Emissão de CH_4 por ovinos em sistema silvipastoril, alimentados com capim-massai, submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e

espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos períodos de março e julho de 2015..... 45

Tabela 13. Emissão de CH_4(g) em relação ao consumo de matéria seca e energia por ovinos em sistema silvipastoril alimentados com capim-massai nos períodos de março e julho de 2015..... 46

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura tem se destacado como uma atividade em expansão dentro do agronegócio brasileiro, uma vez que a carne ovina apresenta elevado valor de mercado em comparação às carnes de frango, bovina e suína. Como se tratam de animais ruminantes, as principais fontes de energia a eles oferecidas são plantas forrageiras, na forma conservada (silagem ou feno) ou fresca em sistemas de pastagens. Esse tipo de alimento possui elevado teor de fibras que sofre o processo de fermentação no rúmen do animal o que leva à formação do gás metano (CH_4).

Segundo o MCT (2010), a emissão média de CH_4 por processos entéricos de ovinos no Brasil é de 5 kg CH_4 / cabeça /ano.

O CH_4 é um dos principais gases causadores do efeito estufa e possui grande participação nas emissões totais desses gases os quais causam o aquecimento global. Ele representa 64% das emissões de gases do efeito estufa no setor agropecuário brasileiro. Desse CH_4 emitido neste setor, 90% são oriundos da fermentação entérica dos ruminantes (MCTI, 2014). Esse problema está ligado ao uso ineficiente dos sistemas de produção, inclusive no que diz respeito ao aproveitamento do potencial produtivo das pastagens, uma vez que a produção de metano no rúmen representa uma forma de perda de energia pelo animal.

A produção de CH_4 no rúmen depende, entre outros fatores (tamanho, idade, espécie, etc.), do tipo de dieta consumida pelos animais (ABDALLA et al., 2012). A intensidade da emissão de CH_4 oriunda de fermentação ruminal depende, principalmente, do consumo pelo animal e do grau de digestibilidade do alimento ingerido (CANESIN, 2009). O consumo de capins tropicais (C4) que contem alto teor de fibras proporciona maior produção de CH_4 no rúmen e retículo (BERCHIELLI et al, 2012; KREUZER & HINDRICHEN, 2006).

As emissões de CH_4 podem ser atenuadas adotando-se estratégias que aumentem o consumo e eficiência metabólica dos animais de forma que diminua as perdas de energia na forma desse gás produzido no rúmen. Algumas dessas estratégias podem ser eficientes, porém economicamente inviáveis o que as tornariam inapropriadas para o sistema de produção animal (BEAUCHEMIN et al., 2008).

Em sistema silvipastoril, a sombra e a biomassa do componente arbóreo pode melhorar a fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes para as forrageiras herbáceas e melhorar a qualidade de forragem (BERNARDINO & GARCIA, 2009).

Carvalho et al. (2002) relatam que a biomassa das árvores em sistema silvipastoril apresentam potencial para melhorar a fertilidade do solo, favorecer a disponibilidade de nitrogênio para as plantas forrageiras, elevando sua produção e qualidade o que, desta forma, pode trazer benefícios para a produção animal e possível efeito mitigador na emissão de CH_4 entérico. Porém é necessário que espécies adequadas de plantas forrageiras sejam empregadas no sistema, principalmente aquelas que apresentem boa produtividade mesmo sob condição de sombreamento proporcionado por esses sistemas.

Algumas gramíneas de clima tropical tem se mostrado não apenas resistentes como também apresentam melhoras em sua produção quando submetidas ao sombreamento (Araújo et al., 2013; Castro et al., 2009). Porém, as respostas em termos de produção e composição dessas plantas podem variar positiva ou negativamente, dependendo da espécie e intensidade de sombreamento a que são submetidas (ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). Segundo resultados obtidos por Valentim et al. (2001), o capim-massai é recomendado como apropriada alternativa para utilização em sistemas silvipastoris, apresentando boa produção e distribuição em ambientes sombreados.

Apesar dos recentes avanços no conhecimento sobre sistemas silvipastoris, ainda há grande carência de informações no que diz respeito a respostas dos animais ao sistema, inclusive em relação ao consumo de gramíneas tropicais de ciclo C4 e emissões de CH_4 entérico nesses sistemas.

Nesse contexto, o estudo teve como objetivo identificar e quantificar as diferenças na emissão de metano, consumo e digestibilidade aparente de ovinos mantidos em pastos de capim-massai em sistema silvipastoril sob lotação intermitente com diferentes espaçamentos arbóreos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ovinocultura no Brasil

A espécie ovina foi uma das primeiras a serem domesticadas pelo homem. A ampla difusão da espécie pelos continentes se deve, sobretudo, a sua capacidade de adaptação a diferentes climas, relevos e vegetações. A criação ovina está destinada tanto à exploração econômica como à subsistência das famílias de zonas rurais (VIANA, 2008).

A ovinocultura tem alcançado destaque como uma atividade em expansão dentro do agronegócio brasileiro como estratégia de desenvolvimento rural e geração de renda, já que a carne ovina apresenta elevado valor de mercado em comparação às demais.

A população ovina no Brasil foi estimada no ano de 2010 em 17,4 milhões de cabeças, segundo dados coletados pelo IBGE. Houve aumento de 25% no número de cabeças desde 2006 (IBGE, 2010). A maior concentração do rebanho se encontra na região Nordeste, com 56,7%, seguida da região Sul com 28,1%. A região Sudeste possui 4,6% do rebanho total do Brasil.

O mercado de carne ovina no Brasil, mesmo com um consumo interno baixo em comparação aos demais tipos de carne, apresenta alta demanda, indicando a necessidade de compra do produto no mercado externo (VIANA et al., 2015). Assim, de acordo com Barchet e Freitas (2012), as importações de carne ovina ganham espaço no mercado interno e são uma ferramenta para equilibrar o mercado, além de permitir aos consumidores adquirirem uma carne com um preço economicamente acessível.

Os ovinos apresentam elevada capacidade de aproveitamento dos alimentos fibrosos. Portanto, a utilização de pastagens apresenta relevada importância no suprimento de nutrientes e a maioria dos sistemas de produção dos ovinos no Brasil baseia-se na utilização de pastagens, ou seja, o volumoso é o principal componente da dieta dos ruminantes, sendo a pastagem a forma mais econômica e prática de produzir e de disponibilizar forragem aos animais (SILVA et al., 2011).

2.2. Sistemas silvipastoris

A sustentabilidade nos sistemas de produção agropecuária pode ser conceituada como a conservação da produção ao longo do tempo, de forma que não haja degradação dos recursos naturais dos quais a produção é dependente. Na busca de alternativas para que isso seja possível, pode-se destacar a viabilidade ecológica e socioeconômica dos sistemas silvipastoris.

O sistema silvipastoril é uma modalidade de sistema agroflorestal, que se trata da associação intencional de árvores, pastagem e animais em uma mesma área e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área (DUTRA et al., 2007). Estes são sistemas cuja exploração é mais complexa que a de pastagens exclusivas. O sucesso da produção animal nesses sistemas exige um planejamento rigoroso para que haja manutenção do equilíbrio entre seus componentes (solo, árvores, forrageiras e animais), tendo em vista o grande número de interações possíveis entre estes e os fatores climáticos (BERNARDINO & GARCIA, 2009).

Segundo Franke et al. (2001), os sistemas silvipastoris têm potencial de substituir com vantagens os atuais ecossistemas de pastagens cultivadas, que em sua grande maioria são compostos por monoculturas de gramíneas forrageiras, tornando a atividade ainda mais sustentável econômica e ambientalmente.

A presença do componente arbóreo na pastagem tem proporcionado benefícios ao sistema tanto para a recuperação e sustentabilidade da produção de forragem como para as questões de caráter ecológico (CARVALHO & BOTREL, 2002). Há redução na radiação solar e a relação de espectro de luz (vermelho:vermelho distante), o que torna a temperatura mais amena, podendo elevar a umidade do ar, o que reduzirá a taxa de evapotranspiração, aumentando a umidade do solo. Com isso, há contribuição para o aumento da atividade microbiológica, elevando a taxa de mineralização dos nutrientes (BERNARDINO & GARCIA, 2009).

Geralmente, sistemas silvipastoris desenvolvem condições microclimáticas mais heterogêneas e dinâmicas quando comparados aos sistemas tradicionais de produção animal, variando substancialmente com o tempo e tipo de cobertura

arbórea, gerando modificações no ambiente luminoso que influenciam expressivamente a produtividade e qualidade do pasto.

Usualmente, o sombreamento causado pelas árvores leva à diminuição na radiação incidente e na relação do espectro da luz causando mudanças significativas na morfologia de muitas forrageiras. Entre as modificações morfológicas pode-se destacar a área, o comprimento, a espessura e orientação da lâmina foliar, o comprimento do colmo, o número de folhas e a relação lâmina foliar:colmo, características que interferem na quantidade e qualidade da forragem (GARCEZ-NETO et al., 2010). A consequência geral da diminuição da intensidade de luz nos sub-bosques de sistemas silvipastoris é a redução da produção de forragem. Assim, o uso de plantas forrageiras tolerantes ao sombreamento está entre os requisitos indispensáveis para alcançar benefícios potenciais da associação com árvores.

Andrade et al. (2004) estudaram o desempenho de quatro gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola*, *Panicum Maximum* capim-massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola) e três leguminosas submetidas a níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 70%), com o objetivo de avaliar seu potencial para serem empregadas em sistema silvipastoril. Nesse trabalho, os capins marandu e massai apresentaram maior capacidade produtiva em relação às demais gramíneas, representando opções potenciais na composição de sistemas silvipastoris. Houve acréscimo nas taxas de acúmulo de matéria seca com 30% de sombreamento em comparação com 0%, para as duas gramíneas em questão. No entanto, esses autores observaram decréscimo no acúmulo de forragem a partir de 50% de sombreamento, o que mostra a importância do ajuste da densidade arbórea nesses sistemas.

O sistema silvipastoril influencia também as propriedades do solo, o que pode afetar o valor nutritivo do sub-bosque. Azar et al. (2013) em seu estudo observaram que o sistema silvipastoril contribui para aumentar a quantidade de carbono orgânico e conteúdo microbiano no solo quando comparado ao sistema de pastagem em monocultura. Além disso, esses autores afirmam que a atividade decompositora é maior no sistema silvipastoril.

Carvalho et al. (2002) relatam que a biomassa das árvores apresentam potencial para melhorar a fertilidade do solo, favorecer a disponibilidade de nitrogênio para as plantas forrageiras, elevando sua qualidade. Castro et al. (2009) observaram aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca de *Brachiaria decumbens* no inverno, nas plantas submetidas a 29% de sombreamento quando comparada a condições de pleno sol. No entanto, no verão esses autores verificaram que houve efeito negativo do sombreamento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Desta forma, observa-se que além do fator sombra, as diferentes estações do ano também fazem com que o valor nutritivo das forrageiras de clima tropical varie em também em sistemas silvipastoris.

Uma vez que a presença do componente arbóreo em sistema silvipastoril tem influência no valor nutritivo da forrageira, poderá haver interferência também na produção de metano entérico dos animais, pois com o aumento na digestibilidade da dieta a eles oferecida, há diminuição nas emissões desse gás oriundo das reações que ocorrem no trato gastrointestinal. Além disso, de acordo com Porfírio-da-Silva (2005), a melhoria do conforto térmico proporcionada pela sombra no sistema silvipastoril também contribui para mitigar a emissão de metano pelos animais, uma vez que, sob estresse térmico, ocorrem disfunções homeotérmicas (animal ofegante) que afetam a eficiência produtiva.

As melhores condições nutricionais do pasto em sistemas silvipastoris decorrentes do sombreamento e da maior disponibilidade de nutrientes no solo, associadas às melhores circunstâncias de conforto térmico dos animais, indicam a probabilidade de aumento no consumo de forragem e no ganho de peso de animais em pastejo. Contudo, são poucos os trabalhos pertinentes ao componente animal, nas condições de sistema silvipastoril. Admite-se que o conhecimento sobre o consumo de animais em sistema de pastejo é imprescindível para orientações mais efetivas no plano nutricional, no tocante à resposta animal e produtividade por área (Aroeira et al., 2005; Paciullo et al., 2008).

2.3. Altura do dossel, massa de forragem e digestibilidade em sistemas silvipastoris

Para o funcionamento adequado do sistema silvipastoril é importante compreender os componentes do sistema, tais como produção animal, forrageira e arbórea, para que se possa planejar tal associação de forma a minimizar o efeito negativo e potencializar os ganhos referentes às interações específicas entre os componentes do sistema (Carvalho et al., 1997). Tais interações abrangem a compreensão da adaptação de espécies forrageiras em um sistema silvipastoril, sobretudo no que diz respeito a sua capacidade de crescer sob condições edafoclimáticas alteradas pela presença de espécie arbórea no estrato vegetal superior (Soares et al., 2009).

Com relação ao sub-bosque em sistemas silvipastoris, Castro et al. (1998) mencionam a necessidade da compreensão sobre o hábito das principais forrageiras tropicais que, sob luminosidade reduzida, têm sua produção de forragem, composição química e digestibilidade afetadas.

Carvalho (2001) mostra que, conforme há aumento no sombreamento, a taxa de crescimento e produção de forragem decrescem, o que foi corroborado com os estudos de Andrade et al. (2004), quando constataram decréscimo acentuado na taxa de crescimento de *Brachiaria brizantha*, quando as plantas foram submetidas ao sombreamento intenso. Entretanto, de acordo com Paciullo et al. (2007), dependendo da espécie forrageira, maiores rendimentos em produção de forragem podem ser obtidos em condições de 35% de sombreamento comparando-se à condição de pleno sol.

Alguns estudos mostram que o sombreamento aumenta a altura do pasto em relação às condições de pleno sol (COELHO et al. 2014; MARTUSCELLO et al., 2009). Esse aumento da altura do dossel sob condições de sombreamento parece ser uma tendência geral das plantas do sub-bosque representando uma estratégia comum de se compensar a redução de luminosidade. As plantas submetidas ao sombreamento geralmente realizam o estiolamento, que se trata do mecanismo pelo qual a planta busca luz pela elevação de suas folhas no dossel. Em gramíneas esse mecanismo busca melhor distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel (GOMIDE et al., 2007).

Existe variação quando o sistema silvipastoril é comparado ao sistema de pastagem de monocultura em relação à massa de forragem. Castro et al. (2009) obtiveram maior massa de forragem quando o pasto era sombreado em comparação à condições de pleno sol, o que pode ser atribuído ao fato de que a presença de árvores em pastagens pode proporcionar melhorias à fertilidade do solo pelos aumentos dos teores de fósforo, bases trocáveis e matéria orgânica, principalmente em solos originalmente pobres em nutrientes (XAVIER et al., 2003). No entanto, quando o nível de sombreamento é intenso, é observada redução na massa de forragem (ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). A redução da relação vermelho:vermelho distante, em condições de sombreamento natural, gera importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente por diminuir o perfilhamento das gramíneas (GAUTIER et al., 1999). Desta forma, a menor massa de forragem pode ser atribuída à baixa densidade de perfilhos em condição de sombreamento intenso (PACIULLO et al., 2007), além de haver acentuada diminuição das taxas fotossintéticas das gramíneas de ciclo C4 nessas condições (DEINUM et al., 1996; CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2004).

O sombreamento proporcionado pelas árvores no sistema silvipastoril pode afetar a digestibilidade da matéria seca de plantas forrageiras de clima tropical. De acordo com Samarakoon et al. (1990), o efeito do sombreamento na digestibilidade “in vitro” pode ser positivo, negativo ou nulo, dependendo do balanço das alterações nos demais componentes dos tecidos vegetais e, assim sendo, não é possível generalizar nem prever a extensão em que a digestibilidade de uma determinada espécie será alterada quando cultivada à sombra.

Castro et al. (2009) estudaram o efeito de três porcentagens de sombreamento (0, 29% e 45%) sobre pastos de *Brachiaria decumbens* em diferentes épocas do ano (primavera, verão e inverno) e verificaram que a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) variou com a interação entre épocas do ano e porcentagem de sombreamento. Esses autores observaram que, na primavera, a DIVMS foi maior em relação às demais estações e que no inverno, o sombreamento de 29% proporcionou maior DIVMS do que à pleno sol.

CARVALHO et al. (2002) estudaram, dentre outros fatores, o valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais quando sombreadas por árvores de angico-vermelho

(*Anadenanthera macrocarpa*), e verificaram que a DIVMS da parte aérea total das gramíneas foi significativamente mais alta na área sombreada do que na área sem árvores. Em contrapartida BELSKY (1992) encontrou DIVMS da forragem menor sob a copa de duas espécies arbóreas do que na área sem árvores, em pastagem nativa do Quênia.

Paciullo et al. (2007) comparando o valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril e monocultivo em épocas chuvosas de 2003 e 2004 na região de Minas Gerais, observaram que a DIVMS foi maior nas plantas dos sub-bosques sombreados, quando comparados à condição de sol pleno, o que foi atribuído à menor quantidade de fibra em detergente neutro nas plantas submetidas à sombra.

Mais estudos precisam ser desenvolvidos devido à necessidade de se selecionar espécies forrageiras com potencial para uso em sistemas silvipastoris em diferentes condições edafo-climáticas, além do desenvolvimento de práticas de manejo adequadas para se otimizar a quantidade e qualidade da forragem produzida (GOBBY et al., 2010).

2.4. Manejo de pastagem

A ciência sobre estratégias de manejo do pastejo passa obrigatoriamente pelo conhecimento de toda a base produtiva (recursos físicos, vegetais e animais), do perfil do sistema de produção, das respostas de plantas e animais ao pastejo e das circunstâncias específicas da unidade de produção (DA SILVA & CORSI, 2003).

Da Silva (2005), afirma que o planejamento das práticas de manejo deve ser feito com base numa sequencia lógica das informações, para que o número e a ordem de grandeza das variáveis-controle do processo de pastejo possam ser definidos de forma sólida, objetiva e coesa com os objetivos de produção idealizados. Nesse contexto é imprescindível compreender os limites de resistência e tolerância das plantas forrageiras à ação do animal em pastejo (atuante como perturbação do meio), suas exigências edafo-climáticas e bióticas. Cada espécie e/ou cultivar tem sua amplitude de condições de pasto específica (altura, massa de forragem, etc), na qual a produção de forragem (desempenho agronômico) varia muito pouco. É necessário que essa amplitude específica seja respeitada para que

não haja um colapso na população de plantas, o que pode causar processo de degradação dessa pastagem (DA SILVA, 2005).

O manejo de pastejo com lotação intermitente, além de aumentar a produção de forragem devido ao maior intervalo de desfolhações, oferece a possibilidade de manter um equilíbrio estável entre consumo de forragem e o crescimento e, desta forma, evitar o acúmulo excessivo de material senescente e a formação de áreas de rejeição com alto conteúdo de material morto. No entanto, apesar desta prática aumentar a produção de forragem, pode forçar o animal a comer todos os componentes da planta, resultando em dietas de menor valor nutritivo e menor ganho de peso. Desta forma, é importante ajustar de maneira adequada a taxa de lotação, para evitar perdas nas produções de pasto e animal (PEDREIRA et al., 2002).

O emprego da interceptação luminosa como referência de acompanhamento do processo de rebrotação, permite que a forragem seja colhida (por corte ou pastejo) sempre numa mesma condição fisiológica (PEDREIRA et al., 2007). Estudos com base no uso da interceptação luminosa como forma de controlar e monitorar o processo de pastejo têm demonstrado resultados promissores, pois propõem que essa técnica pode contribuir para a otimização da produtividade de sistemas de produção animal em pastagens (DA SILVA, 2005; CARNEVALLI et al., 2006).

Na década de 80, estudos já demonstravam que durante a fase de desenvolvimento vegetativo das plantas forrageiras, o critério de 95% de interceptação de luz pode ser utilizado, permitindo que a interrupção da rebrotação possa ser feita de forma consistente durante o ano e respeitando o ritmo de crescimento das plantas forrageiras (KORTE et al., 1982; PARSONS et al., 1988). Isso resulta em maior produção de forragem com elevada proporção de folhas e baixa proporção de material morto (DA SILVA & NASCIMENTO JR., 2007).

De acordo com Parsons et al. (1988) seria na condição de índice de área foliar (IAF) crítico, situação em que 95% da luz incidente são interceptados pelo dossel, que a taxa média de acúmulo de forragem atingiria seu máximo, ou seja, o balanço entre os processos de crescimento e senescência seria máximo, proporcionando maior acúmulo de forragem.

Pedreira et al. (2007), em estudo com Brachiaria brizantha cv. Xaraés, concluíram que a estratégia de pastejo intermitente baseada em 95% de interceptação luminosa no pré-pastejo favorece a produção de forragem de maneira eficiente e evita o acúmulo excessivo de colmos e de material morto. Alem disso, esses autores comprovaram que o manejo baseado em dias fixos de descanso restringe as possibilidades de ganho em eficiência do sistema de pastejo.

Embora existam diferenças morfológicas significativas entre as espécies de plantas forrageiras, é evidente a importância que a estrutura do dossel forrageiro tem, para todas as espécies, sobre o acúmulo e o valor nutritivo da forragem produzida e, consequentemente, sobre o comportamento ingestivo, consumo e desempenho dos animais em pastejo. Nesse contexto, a idealização e adoção de estratégias de manejo do pastejo com base em metas de pasto, se tratam de uma alternativa real e premissa básica para a melhoria e aumento da eficiência produtiva e da produção dos sistemas de produção animal em pastagens tropicais (DA SILVA & NASCIMENTO JR., 2007).

2.5. Capim-massai (Panicum maximum x Panicum infestum)

Um atributo importante da pecuária brasileira é ter a maior parte de seu rebanho criado a pasto, que se constitui na forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os ruminantes (DIAS-FILHO, 2014).

O gênero *Panicum,* que oferece grande potencial de produção, foi introduzido no Brasil a partir da década de 60. Entretanto, devido à menor perenidade sob lotação contínua, tem sido recomendado para uso em manejo intermitente (GIMENES et al., 2009). A cultivar Massai (Orstom T21; BRA-007102) se trata de um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *Panicum infestum*, coletado na Tanzânia, África, pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, IRD, em 1969 (JANK et al., 1997, citado por VALENTIM et al., 2001). Se trata de uma gramínea de clima tropical perene, com hábito de crescimento cespitoso, possui folhas finas (1 cm) e decumbentes, altura média das plantas de 65 cm e raízes profundas (SAVIDAN et al., 1990).

O capim-massai requer solos de textura moderada a argilosa e níveis médios a altos de fertilidade do solo. No entanto, este capim é o menos exigente em

adubação de manutenção, o mais tolerante ao alumínio do solo e persiste maior tempo em baixa fertilidade com boa produção sob pastejo. Apresenta alta resistência à cigarrinha-das-pastagens (EMBRAPA, 2001).

A produção do capim-massai pode atingir 19 $t.ha.ano^{-1}$ de massa seca com 80,4% de folhas, sendo 15,6 $t.ha.ano^{-1}$ de massa seca de folhas em solo latossolo vermelho escuro adubado (SAVIDAN et al., 1990). Na estação seca, sua produção é de cerca de 7,2 % da produção anual. A produção de sementes é de aproximadamente 85 $kg.ha.ano^{-1}$. Sua seleção foi devido à produção e a abundância de perfilhos com alta quantidade de folhas (JANK et al., 2010).

O capim-massai tem se mostrado ótima alternativa para utilização em sistemas agrosilvipastoris. No Acre, o capim-massai apresentou maior produção e melhor distribuição da produção quando submetido a sombreamento de 30 a 50% em detrimento ao pleno sol (Valentim et al., 2001).

2.6. Consumo de forragem

O consumo voluntário de alimento pelo animal é o principal fator que afeta a eficiência com a qual os nutrientes ingeridos são utilizados. Quanto maior o consumo voluntário, maior será a produtividade dos animais e menores as exigências de nutrientes para cada unidade de produção animal (Mertens, 2007).

De acordo com o autor supracitado, o consumo de forragem é controlado basicamente por mecanismos de natureza física, fisiológica e psicogênica. O mecanismo físico está relacionado à limitação da ingestão por uma restrição da capacidade do trato digestivo ou capacidade de distensão ruminal, o fisiológico está ligado à regulação da ingestão pela demanda energética do animal e o psicogênico envolve respostas comportamentais a fatores que inibem ou estimulam o consumo, que não são considerados pelos mecanismos físicos e fisiológicos. Contudo, nos ecossistemas de pastagens existem particularidades quanto ao processo ingestivo cujos parâmetros e relações são tão ou mais importantes nas avaliações de consumo do que mera quantificação da concentração dos nutrientes do alimento ou dos processos que ocorrem no ambiente ruminal (CARVALHO et al., 2011).

A compreensão do comportamento dos ruminantes em pastejo, bem como a seleção da dieta por estes, é indispensável para o estudo de ambientes pastoris,

pois determinam o grau de consumo de nutrientes e os impactos na vegetação que está sob pastejo (PRACHE et al., 1998). Além disso, o consumo de matéria seca por animais em pastejo tambem é fortemente influenciado pela estrutura do dossel forrageiro, uma vez que a forma como as plantas estão arranjadas pode facilitar ou dificultar a sua apreensão (AMARAL, 2011).

Em sistemas cujo pasto é a única fonte de alimento para os animais, o consumo de forragem diário é resultado final do processo de pastejo, que depende da busca, seleção e apreensão da forragem. A formação do bocado é decisiva para o sucesso no processo de pastejo, pois a massa e concentração de nutrientes de cada bocado representam a unidade básica do consumo diário de forragem (CARVALHO et al., 2009).

Mudanças na estrutura do dossel causam modificações no processo de pastejo, influenciando o consumo de forragem. Aumentos na altura do pasto podem proporcionar maior consumo de matéria seca (HODGSON, 1990), desde não haja nem decréscimo no valor nutritivo da forragem e nem aumento significativo no tempo de formação do bocado (CARVALHO et al., 2001).

Variações na quantidade de massa de forragem também podem afetar o consumo de matéria seca. De acordo com Carvalho et al. (2009), a redução da massa de forragem promove incremento da taxa de bocados, pois conforme aumenta a dificuldade de apreender a forragem, o tamanho do bocado diminui e, de forma compensatória, o animal tende a aumentar o tempo de pastejo. Contudo, se a diminuição da massa de bocado não consegue ser compensada pelo aumento da taxa de bocados, o consumo diário será reduzido, podendo implicar em perdas na produção (CARVALHO et al., 1999).

O desempenho animal depende diretamente do consumo de matéria seca digestível. O consumo de matéria seca influencia mais na produção animal do que variações na composição química ou disponibilidade dos nutrientes. Forragens com valores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) em torno de 30% ou menos possuem consumo elevado, enquanto aquelas com teores acima de 40% causam redução no consumo (NOLLER et al., 1996). O consumo mínimo de pasto é estimado em torno de 2 kg.100 kg^{-1} de peso corpóreo devido à seleção, mas poderá

ser ainda menor se houver restrição física e/ou baixo valor nutritivo da forragem (NUSSIO et al., 1998).

Estratégias de manejo do pastejo que têm em vista a produção animal eficiente, buscando o cumprimento de metas de desempenho animal satisfatórias, demanda a compreensão de aspectos relativos à interface planta:animal, particularmente aqueles relacionados com o consumo de matéria seca que, por sua vez, depende do comportamento ingestivo dos animais em pastejo (DA SILVA & SARMENTO, 2003).

2.7. Produção e emissão de metano por ruminantes

Segundo o WMO (2015), aproximadamente 40% do metano (CH_4) é emitido para a atmosfera por fontes naturais (zonas úmidas e cupins, por exemplo), e cerca de 60% vêm de fontes antropogênicas (produção de ruminantes, cultura de arroz, exploração de combustíveis fósseis, aterros e a queima de biomassa). Globalmente, a concentração atmosférica de CH_4 atingiu um novo recorde de 1,833 ± 1 ppb em 2014, um aumento de 9 ppb em relação ao ano anterior. Desde 2007, a média de CH_4 atmosférico vem aumentando devido ao acréscimo das emissões no hemisfério tropical e meados da latitude norte.

O CH_4 é um gás especialmente importante no que diz respeito às mudanças climáticas devido ao seu potencial para aquecer 25 vezes maior em comparação ao gás carbônico (IPCC, 2001). Em todo o planeta, de 50 a 60% das emissões CH_4 provêm do setor agropecuário, sendo a produção de ruminantes a maior responsável por essas emissões (ELLIS et al., 2007).

Globalmente, os ruminantes produzem mais de 86 milhões de toneladas de CH_4 por ano. Dessa quantidade, aproximadamente 65% são produzidos por bovinos de corte, 22% por bovinos de leite e 11% por ovinos e caprinos (MCMICHAEL et al., 2007).

Johnson & Ward (1996) afirmam que além da produção de CH_4 oriunda da fermentação entérica contribuir significativamente para o acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, representa, ainda, uma forma de perda de energia pelos animais, podendo atingir 12% da energia total ingerida, dependendo do tipo da dieta. Segundo a USEPA (2000), o CH_4 perdido a partir da energia bruta ingerida (EBi), é

estimado entre 5,5% e 6,5% na América do Norte e leste Europeu. Entretanto, Canesin (2009) constatou perda de energia na forma de CH_4 (em % de EBi), em bovinos da raça Nelore mantidos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. marandu, de 8,5% e 12,3% nos meses de setembro e novembro, respectivamente. Kurihara et al. (1999), em estudo com bovinos alimentados com gramíneas de clima tropical, observaram perdas de energia de 10,4% com capim-rodes (*Chloris gayana*) e 11,4% com capim-engleton (*Dicanthium aristatum*). Elevadas perdas de energia na forma de CH_4 também foram aferidas por Primavesi et al. (2004) em fêmeas mestiças, com valores médios de 10,6 e 9,1% em vacas lactantes e secas, respectivamente.

Em ruminantes, o CH_4 é um produto normal da fermentação de alimentos fibrosos. A metanogênese ocorre no intestino grosso e, principalmente, no rúmen (89%). O CH_4 produzido no rúmen é expelido para a atmosfera através das narinas e boca dos animais (MURRAY et al., 1976).

Depois de ingerido, o alimento sofre processo fermentativo no rúmen. Esse se trata de um processo anaeróbio executado pela população microbiana ruminal, no qual os carboidratos celulósicos são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta, que serão fonte de energia a ser utilizada pelo animal.

As reações fermentativas que ocorrem no rúmen utilizam a coenzima NAD^+ para oxidar carboidratos da dieta e NADH é formado a partir dessa coenzima. Moléculas de H_2 são geradas quando os prótons associados com o NADH são reduzidos pela ação das hidrogenases nos sistemas microbianos ferredoxina oxidorredutase. Os H_2 são difundidos para fora dos microorganismos e são usados por outros microorganismos, ou são acumulados na fase gasosa do rúmen. Nos estágios finais da fermentação, o H_2 é usado como agente redutor e moléculas de NAD^+ são regeneradas (COTTLE et al., 2011).

De acordo com Cottle et al. (2011), microorganismos metanógenos, em particular, oxidam o H_2 para reduzir o CO_2 a CH_4 obtendo, assim, energia para o seu crescimento. Vale salientar que a remoção de H_2 do rúmen é extremamente importante, pois, se houver acúmulo de H_2, a reoxidação de NADH a NAD^+ será restringida e esta inibirá a degradação de carboidratos, produção de ATP e crescimento microbiano. Desta forma, a digestão de forragem e a resultante produção de ácidos graxos de cadeia curta serão então restritas. Segundo os

mesmos autores, as indicações para reduzir as emissões de CH_4 pela pecuária estão ligadas à melhoria da dieta, melhoria de pastagens, suplementação alimentar, aumento da capacidade produtiva dos animais e outras medidas que possam proporcionar melhor eficiência produtiva e resultar em ciclos de produção mais curtos.

Os componentes da dieta oferecida, especialmente no que diz respeito ao tipo de carboidrato, além de serem importantes para a produção de CH_4, são capazes de influenciar o pH e consequentemente alterar a microbiota ruminal (JOHNSON & JOHNSON, 1995).

A mitigação das emissões de metano por ruminantes em sistemas baseados em pastagem pode ser um desafio devido à dificuldade em utilizar métodos para estimar o consumo de alimento pelos animais (BUDDLE et al., 2011). Em ruminantes, a ingestão de matéria seca (IMS) é o principal fator que interfere na produção de metano (g CH_4/dia) e geralmente uma relação positiva forte entre IMS e produção de CH_4 é observada.

Ellis et al. (2007) realizaram estudos nos quais puderam estimar a produção de CH_4 em bovinos de leite e de corte com base na ingestão de matéria seca, fibra em detergente neutro (FDN) e teor de lignina da dieta, com um R^2 de 0,71.

De acordo com Holter & Young (1992), a digestibilidade da celulose e hemicelulose estão intimamente relacionados com a produção de metano. Em um estudo realizado por esses autores, foi observada uma correlação positiva entre a digestibilidade da hemicelulose e produção de metano em vacas não lactantes alimentadas com plantas forrageiras. Johnson & Johnson (1995) afirmam que a digestão da fibra da parede celular aumenta a produção de metano, devido à maior quantidade de acetato produzida, em relação ao propionato. É importante ressaltar que a digestão de carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen pode aumentar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Se a produção de AGCC é maior do que sua absorção, o pH no rúmen irá cair, conduzindo a uma acidose ruminal subaguda e perturbações da microbiota do rúmen (PLAIZER et al., 2008).

Ruminantes criados em ambiente tropical, mantidos em sistemas de produção a pasto, têm a produção de metano entérico afetada pela constituição morfológica e composição química das plantas forrageiras desse ambiente (BERCHIELLI et al.,

2012). Ao mesmo tempo, a temperatura ambiental também pode afetar a produção de gás, tanto indiretamente pela influência no valor nutritivo das plantas, como diretamente, com alterações no comportamento ingestivo do animal e nas características da digestão (HOOK et al., 2010).

Segundo Pedreira et al. (2009), a relação parede celular:conteúdo celular e a constituição da parede celular das plantas forrageiras são os principais fatores envolvidos na produção de metano.

O passo inicial sugerido na tentativa de reduzir a participação da produção de ruminantes nas mudanças climáticas globais, seria o aumento da produtividade, através do fornecimento de alimentos de melhor qualidade, o que poderia reduzir efetivamente a emissão de metano por unidade de produto animal (ZEN et al., 2008). Portanto, é imprescindível que haja a intensificação dos sistemas de produção de diversas maneiras. Dentre as possíveis, destacam-se o desenvolvimento de especialidades nas diferentes fases até a produção de carne ou leite, melhoria de pastagens, suplementação alimentar, implantação do sistema de manejo da pastagem intermitente e sistemas alternativos como a integração lavoura-pecuária e sistemas silvipastoris (BERCHIELLI et al., 2012).

Reduzir a produção de metano entérico pode ser um benefício econômico direto, pois coincide com uma maior eficiência no uso da energia do alimento pelo animal e redução na produção de gases de efeito estufa (JOHNSON & JOHNSON, 1995). Portanto, considerando-se a importância dos ruminantes para economia mundial, é essencial estabelecer, sustentavelmente, formas de aumento da produtividade que procurem reduzir a emissão de gases do efeito estufa, a qual tem sido pauta das pesquisas científicas e dos sistemas de comunicação (BERCHIELLI et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental e dados climáticos

O experimento foi conduzido em área do setor de Forragicultura e Pastagens do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°14’05’’ de latitude sul, longitude de 48°17’09’’W, à altitude de 615 acima do nível do mar. A área experimental foi

formada em 2012 e subdividida em 18 piquetes com 70m^2 cada para alocação dos tratamentos e repetições. área foi utilizado como reserva experimental.

O clima de Jaboticabal é do tipo Aw caracterizado como tropical com verão chuvoso e inverno seco. Os dados médios mensais de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação ao longo do período experimental estão expostos na Figura 1.

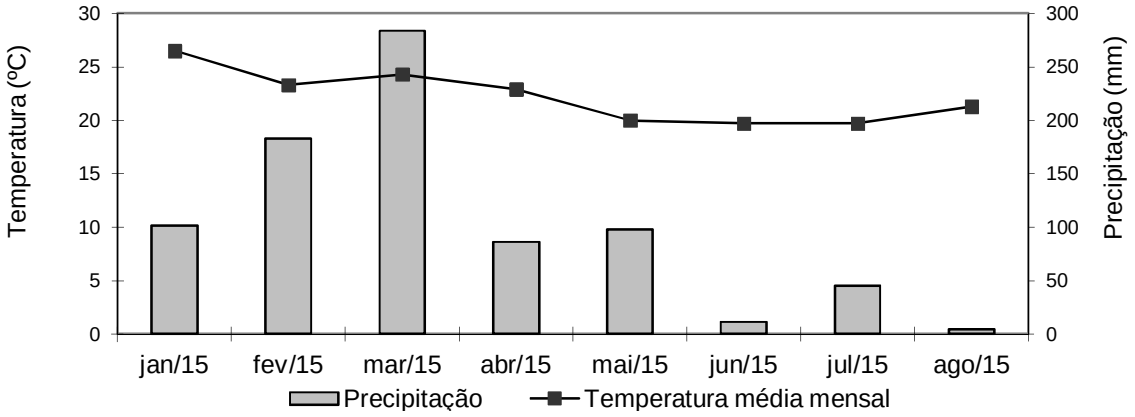

Figura 1: Médias mensais médias, umidade relativa do ar (UR) e precipitação ao longo do período de janeiro a agosto de 2015 em Jaboticabal, SP
*Fonte: http://www.fcav.unesp.br/#!/estacao-agroclimatologica/dados/estacao-convencional/

3.2. Espécies utilizadas e implantação da área experimental

O híbrido de eucalipto utilizado como componente arbóreo foi o Urugrandis (*Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*). A gramínea utilizada foi o capim-massai (*Panicum maximum x Panicum infestum*). A semeadura do capim-massai foi realizada em fevereiro de 2012 sendo utilizado 2 kg de sementes de capim-massai por hectare. Em setembro de 2012 foram plantadas as mudas de eucalipto em covas de aproximadamente 40 cm de profundidade, quando essas apresentavam altura média 1,2 m, sendo 90 mudas de eucalipto. Portanto, em 2015, as árvores estavam com aproximadamente 3 anos.

3.3. Solo da área experimental e adubação

O solo da área experimental é classificado como sendo Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa a moderado, caulinítico hipoférrico com relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006).

Em dezembro de 2014 foi realizada análise de solo (tabela 1) da área experimental, sendo retiradas amostras em zigue-zague, de 0-20cm de profundidade.

Tabela 1. Análise química de solo da área experimental em dezembro de 2014.

pH	M.O.	P(resina)	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V
$CaCl_2$	$g.dm^{-3}$	$-mg.dm^{-3}-$		----------$mmol_c.dm^{-3}$----------							%
5,1	20	37	4	33	12	3,9	-	36	48,2	84,2	58

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.

Foi realizada adubação nitrogenada com 150 kg de $N.ha^{-1}$, parcelada em 3 aplicações, realizadas em cada piquete, sempre que se encerrava o período de ocupação dos piquetes pelos animais, ou seja, 50 kg de $N.ha^{-1}$ após o pastejo de uniformização em janeiro/2015, 50 kg de $N.ha^{-1}$ após o primeiro ciclo em fevereiro/2015 e 50 kg de $N.ha^{-1}$ após o segundo ciclo em março/2015. O adubo utilizado foi ureia.

3.4. Ciclos de pastejo

Foram realizados três ciclos de pastejos sucessivos: o primeiro ocorreu no período de 17 de fevereiro a 6 de março, o segundo de 10 a 27 de março e o terceiro de 16 a 31 de julho de 2015.

3.5. Manejo da pastagem e animais

O método de pastejo empregado foi o de lotação intermitente. O critério para dar início ao pastejo nos piquetes foi o de interceptação luminosa (IL) de 95%, medida com o aparelho analisador de dossel LI-COR/LAI-2200 (*Plant Canopy Analyzer*). Em alguns tratamentos, ou épocas do ano, devido à baixa luminosidade, não foi verificado mudança na taxa de IL. Assim, adotou-se o padrão de 15 dias sem mudança na IL como sendo o limite para início do pastejo, quando a maioria dos piquetes estavam e ponto de serem pastejados.

Os animais permaneceram oito horas em pastejo, sendo recolhidos após esse período em aprisco onde receberam sal mineral e água *ad libitum*.

O critério de saída dos animais dos piquetes foi 20 cm de altura de resíduo do capim-massai. No verão o período de ocupação nos piquetes foi em média três dias para todos os tratamentos. No inverno, por ocasião do terceiro ciclo de pastejo, houve diminuição significativa na massa de forragem nos tratamentos que continham árvores e o período de ocupação passou ser em média de um dia no tratamento de 6 metros de espaçamento entre os renques de árvores (E6), de dois dias no tratamento de 12 metros de espaçamento entre os renques de árvores (E12) e de três dias no tratamento sem árvores (SA). Os períodos de ocupação nos piquetes e número de animais utilizados por piquete por dia em cada ciclo de pastejo, nos diferentes espaçamentos arbóreos estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Período de ocupação (dias) dos piquetes e número de animais utilizados por piquete por dia em cada ciclo de pastejo (fevereiro, março e julho), nos diferentes espaçamentos arbóreos estudados.

Ciclo de pastejo		Espaçamento Arbóreo		
		SA*	E12**	E6***
Fevereiro	Período de ocupação (dias)	3	3	3
Março		3	3	3
Julho		3	2	1
Fevereiro	N° de animais por dia	11	10	9
Março		10	10	7
Julho		9	5	5

*SA: sem árvores; **E12: espaçamento de 12 metros entre os renques de árvores; ***E6: espaçamento de 6 metros entre os renques de árvores.

Os animais utilizados foram ovinos machos não castrados de raça cruzada Santa Inês x Dorper com peso médio de 22 kg e aproximadamente 6 meses de idade. O peso médio dos animais ao longo do período experimental estão expostos na tabela 3.

Tabela 3. Peso médio dos animais (kg) utilizados nos diferentes espaçamentos arbóreos (tratamentos) em 2015.

Data da pesagem	Espaçamento Arbóreo (tratamento)		
	SA*	E12**	E6***
15/01/2015	22,7	22,0	22,4
06/03/2015	24,1	23,0	24,3
21/03/2015	24,3	23,0	23,1
02/07/2015	24,2	22,5	23,9
28/07/2015	24,9	24,0	24,7

*SA: sem árvores; **E12: espaçamento de 12 metros entre os renques de árvores; ***E6: espaçamento de 6 metros entre os renques de árvores

3.6. Composição química do pastejo simulado

A amostragem de pastejo simulado foi feita de acordo com Sollemberger & Cherney (1995), onde o capim foi colhido manualmente, simulando o comportamento ingestivo dos animais.

Foram realizadas as análises bromatológicas do pastejo simulado colhido durante os pastejos nos quais foram avaliados o consumo e CH_4, ou seja, nos meses de março e julho de 2015. As amostras foram levadas ao laboratório, pesadas, condicionadas em sacos de papel, secas em estufa com circulação forçada de ar a 55º C por 72 horas e pesadas novamente. Posteriormente, foram processadas em moinho do tipo Wiley, com peneira de malha de 1mm.

Os teores de matéria seca e cinzas foram determinados de acordo com a AOAC (1990) para correção dos demais compostos. Os teores de proteína bruta, e as frações de proteínas presentes na FDN e FDA para correção das frações fibrosas foram obtidas pelo método de combustão em analizador Leco FP-528 do Laboratório de Análises em Nutrição Animal da FCAV, Unesp, Jaboticabal, SP. Dos constituintes da fração fibrosa foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), pelo sistema ANKOM descrito por Berchielli et al. (2001) e lignina segundo método descrito por Silva & Queiroz (2002). Na tabela 4 constam os dados de composição bromatológica da forragem coletada por simulação de pastejo.

Tabela 4. Teores médios dos componentes bromatológicos das amostras de pastejo simulado coletadas nos meses de março e julho de 2015.

Ciclo de Pastejo		Espaçamentos Arbóreos		
		SA*	E12**	E6***
Março	PB	8,9	8,2	10,7
Julho	(% na MS)	11,8	13,0	12,9
Março	FDNcp	64,2	66,1	61,9
Julho	(% na MS)	58,2	55,8	55,8
Março	FDAcp	38,7	39,8	37,7
Julho	(% na MS)	27,7	29,5	30,2
Março	Lignina	3,9	4,1	4,2
Julho	(% na MS)	3,3	3,9	4,4
Março	Cinzas	9,6	10,1	10,5
Julho	(% na MS)	10,6	11,8	12,4

PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; *SA: sem árvores; **E12: espaçamento de 12 metros entre os renques de árvores; ***E6: espaçamento de 6 metros entre os renques de árvores.

3.7. Variáveis estudadas

3.7.1. Altura e massa de forragem do capim-massai

As medidas de altura do dossel foram obtidas antes e depois do período de ocupação dos animais, em 20 pontos aleatórios e representativos da área, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

Foram realizados cortes do capim-massai rente ao solo, antes da entrada e após a saída dos animais dos piquetes em dois pontos de altura média por piquete, com o auxílio de um aro circular de área de 0,25 m^2, para a avaliação da massa seca de forragem ($kg.ha^{-1}$), massa seca de forragem verde ($kg.ha^{-1}$) e massa seca de material morto ($kg.ha^{-1}$). As amostras de forragem do aro foram pesadas e, posteriormente, retirou-se uma subamostra de aproximadamente 400g para a separação dos componentes verde e morto do capim.

Os componentes da foragem foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 55ºC, durante aproximadamente 72 horas. Em seguida, foi determinada a porcentagem de matéria seca (MS) da forragem. Esses dados foram utilizados na identificação de diferenças de massa, em kg/ha de massa total, material verde e material morto entre os tratamentos.

3.7.2. Consumo de matéria seca e energia

As estimativas de consumo foram feitas nos mesmos dias das de emissão de CH_4, ou seja, no segundo e terceiro ciclos de pastejo, (de 16 a 21 de março e de 16 a 31 de Julho de 2015, respectivamente). Para isso, realizou-se coleta de amostras de pastejo simulado e coleta de fezes para quantificar a produção fecal, utilizada no cálculo de consumo.

A produção fecal (PF) dos animais foi realizada de forma direta (coleta total de fezes), na qual as fezes produzidas foram coletadas a cada 24h com o uso de bolsas coletoras.

Para a estimativa de consumo de forragem, foi utilizado o valor da produção fecal e o indicador interno FDNi (fibra em detergente neutro indigestível). Para as análises de FDNi, amostras de fezes e do pastejo simulado de cada tratamento foram incubadas no rumem de ovinos por 288 horas (VALENTE et al., 2011).

Posteriormente os *bags* com as amostras passaram por procedimento de fervura em detergente neutro, lavados com água quente e acetona, secos e pesados (VAN SOEST et al., 1991), sendo os resíduos considerados o FDNi.

Em posse dos resultados foi calculado o consumo da forrageira (CMS) através da equação expressa abaixo:

$$CMS = \{[(FNDIf * PF) / FDNIps] / 1000\}$$

Onde: CMS = consumo de matéria seca (kg por animal por dia); FDNIf = fibra em detergente neutro indigestível presente nas fezes (%); FDNIps = fibra em detergente neutro indigestível presente no pastejo simulado(%); PF = produção fecal (matéria seca

Para a estimativa de consumo de energia digestível por Kg de MS ingerida pelos animais, foi utilizado o valor da produção fecal, a quantidade de MS consumida, a quantidade de energia bruta contida no pastejo simulado e a quantidade de energia bruta contida nas fezes dos animais. A energia bruta foi determinada em calorímetro IKA® modelo 27 2000 Basic, automatizado.

3.7.3. Digestibilidade aparente da matéria seca

A digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) foi avaliada nos mesmos períodos que foram avaliados o consumo e emissão de CH_4 dos animais, ou seja, no 2º e 3º ciclos de pastejo que ocorreram nos meses de março e julho, respectivamente.

A DMS foi determinada utilizando-se o valor de matéria seca consumida (MSC) e o valor de produção de fezes (PF), conforme a equação abaixo:

$$DMS = [(MSC – PF)/ MSC]*100$$

3.7.4. Produção de metano entérico

A determinação de produção de metano ruminal foi realizada no segundo ciclo de pastejo, de 16 a 21 de março de 2015 e no terceiro ciclo de pastejo, de 16 a 31 de Julho de 2015. Foi utilizada a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) publicada por Johnson e Johnson (1995) e adaptada por Primavesi et

al. (2004), com modificações para a determinação em pequenos ruminantes, descritas por Meister (2013).

As coletas dos gases foram realizadas durante seis dias consecutivos, em cinco ovinos por tratamento. As adaptações incluem 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 que haja uma liberação constante do gás traçador (SF_6), foram utilizadas cápsulas de permeação contendo SF_6 com taxa de emissão do gás pré-determinada. As cápsulas foram colocadas no rúmen dos animais, uma semana antes do início das coletas dos gases no período chuvoso. As cangas coletoras foram trocadas a cada 24 horas e armazenadas para posteriores análises de SF_6 e metano em cromatógrafo a gás. A taxa de emissão de metano (QCH_4) foi calculada a partir das concentrações de metano e de SF_6 medidas nas cangas coletoras e da taxa conhecida de emissão de SF_6 (QSF_6):

$$QCH_4 = QSF_6 \times [CH_4]/[SF_6]$$

Foi colocado nos pastos, em cada tratamento, um conjunto coletor (canga + cabresto coletor) para cada dia de coleta para captar o ar do ambiente e estes foram identificados como brancos.

A partir dos dados coletados foram calculadas as emissões de CH_4: em gramas de CH_4 emitido por dia (gCH_4/dia), kg de CH_4 por ano ($kgCH_4$/ano), gramas de CH_4 emitido por quilo matéria seca consumida (gCH_4/kgCMS), gramas de CH_4 emitido por megacaloria de energia bruta ingerida (gCH_4/McalEBi/dia) e gramas de CH_4 emitido por megacaloria de energia digestível ingerida por dia (gCH_4/McalEDi/dia).

3.8. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado para as avaliações de altura e massa de forragem foi inteiramente casualizado com três tratamentos (sem árvores, espaçamentos de 12,0x1,5m e 6,0x1,5m entre as árvores de eucalípto) e seis repetições (piquetes). Utilizou-se medidas repetidas no tempo para ciclos de pastejo (três) no ano de 2015 (fator longitudinal).

O delineamento experimental utilizado nas avaliações de emissão de consumo de matéria seca, consumo de energia, digestibilidade aparente da matéria seca e metano entérico foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (sem árvores, espaçamentos de 12,0x1,5m e 6,0x1,5m entre as árvores de eucalipto) e cinco repetições (animais). Utilizou-se medidas repetidas no tempo, para ciclos de pastejo (dois) no ano de 2015 (fator longitudinal).

Os dados experimentais foram analisados pelo programa estatístico SAS® (Statistical Analysis System) versão 9.3 (2002). A pressuposição de normalidade dos erros foi analisada através do PROC UNIVARIATE. Foi estimada a estrutura de covariância que melhor representou as covariâncias entre os níveis do fator longitudinal. Nas comparações entre ciclo de pastejo utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º e 2º Graus) e para os tratamentos foi utilizado o teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

4.1. Altura e massa de forragem

Os resultados da análise de variância da causa de variação de altura do dossel e relação verde:morto no pré-pastejo, massa seca de forragem total, massa seca de forragem verde e massa seca de material morto no pré e pós pastejo, bem como desaparecimento de forragem estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Significância associada às fontes de variação (FV) de variação da altura e massa de forragem no pré e pós-pastejo do capim-massai submetido a três espaçamentos arbóreos (EA) durante ciclos de pastejo (CP) sucessivos em 2015.

FV	Pré-pastejo					Pós-pastejo			DF
	ALT	MSFT	MSFV	MSMM	V:M	MSFT	MSFV	MSMM	
EA	*	*	*	ns	*	*	*	ns	ns
CP	*	*	*	*	*	*	*	*	ns
EA x CP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ALT: altura do dossel; MSFT: massa seca de forragem total; MSFV: massa seca de forragem verde; MSMM: massa seca de material morto; V:M: relação entre material verde e morto; DF: desaparecimento de forragem; *=(P<0,05) e ns=(P>0,05).

Foram observadas diferenças significativas (p<0,05) tanto entre as médias das variáveis nos diferentes espaçamentos arbóreos, como nos ciclos de pastejo. As variáveis que não apresentaram diferenças significativas foram:

desaparecimento de forragem (nos ciclos de pastejo) e massa seca de material morto (nos espaçamentos arbóreos tanto no pré quanto no pós pastejo). Não houve interação significativa pastejo (p>0,05) entre as fontes de variação de espaçamentos arbóreos e ciclos de pastejo.

Os valores médios de altura do dossel, massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV), massa seca de material morto (MSMM) e relação entre a massa seca de forragem verde e material morto (V:M) são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Altura do dossel, massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV), massa seca de material morto (MSMM) e relação verde/morto (V:M) do capim-massai no pré-pastejo submetido a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - durante ciclos de pastejo sucessivos em 2015.

Fontes de Variação		**Altura**	**MSFT**	**MSFV**	**MSMM**	**V:M**
		-----cm----	----------Kg/hectare----------			
Espaçam. arbóreos	SA	62,1A	7372,7A	4993,2A	2379,5A	2,2A
	E12	58,2AB	6959,1A	4449,6A	2509,7A	2,2A
	E6	51,6B	5731,3B	2872,3B	2859,0A	1,4B
Ciclos de pastejo	Fevereiro*	67,9	6020,7	4338,1	1701,0	2,7
	Março**	62,8	7697,9	4977,4	2720,5	2,1
	Julho***	41,3	6335,5	2999,6	3335,9	1,0
Contraste (p/ ciclo)		Quadrático	Quadrático	Quadrático	Linear	Linear

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Teste de médias Tukey e contrastes ortogonais, α=5%); *Ciclo de pastejo 1: 17 de fevereiro a 6 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; ***Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

A altura do dossel nos pastos sem árvores (SA) foi maior (p<0,05) que nos pastos com a presença de árvores de eucalipto espaçadas por 6 metros entre os renques (E6). Já os pastos com árvores espaçadas por 12 metros entre os renques (E12) apresentaram valor intermediário de altura, não diferindo dos demais tratamentos. A altura apresentou comportamento quadrático ao longo dos ciclos de pastejo (Tabela 6).

As médias de MSFT e MSFV do pré-pastejo não tiveram diferença significativa entre os pastos SA e E12, mas foram maiores (p<0,05) em relação ao pasto E6. Em relação aos ciclos, a MSFT e MSFV apresentaram efeito quadrático (p<0,05), sendo obsevados os maiores valores médios no ciclo de pastejo que ocorreu em março. A MSMM apresentou efeito linear (p<0,05) no decorrer dos ciclos

de pastejo, onde a menor média foi observada no ciclo de pastejo de fevereiro e a maior média observada no ciclo de pastejo que ocorreu no mês de julho (Tabela 6).

A relação V:M no pasto SA foi igual ao pasto E12 e maiores ($p<0,05$) em comparação ao pasto E6. Essa variável apresentou comportamento linear ao longo dos ciclos de pastejo, onde o menor valor foi observado no ciclo de julho e o maior no ciclo de fevereiro.

Os valores de desaparecimento de forragem (DF) não apresentaram diferenças significativas nem entre os espaçamentos arbóreos e nem entre os ciclos de pastejo. A média do DF foi de 2465,4 quilos de matéria seca por hectare.

Os valores médios de massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV) e massa seca de material morto (MSMM) do pós-pastejo podem ser verificados na tabela 7.

Tabela 7. Massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV) e massa seca de material morto (MSMM) do capim-massai no pós-pastejo submetido a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - durante ciclos de pastejo em 2015.

Fontes de Variação		**MSFT**	**MSFV**	**MSMM**
		----------Kg/hectare----------		
Espaçamentos arbóreos	SA	4837,9 A	1749,6 A	3088,3 A
	E12	4217,9 A	1276,9 B	2941,0 A
	E6	3670,1 B	848,7 C	2821,4 A
Ciclos de pastejo	Fevereiro*	3834,4	1536,2	2298,3
	Março**	4848,4	1398,3	3450,2
	Julho***	4043,0	940,7	3102,3
Contraste (p/ ciclo)		Quadrático	Linear	Quadrático

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Teste de médias Tukey e contrastes ortogonais, α=5%); *Ciclo de pastejo 1: 17 de fevereiro a 6 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; ***Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

O menor ($p<0,05$) valor médio de MSFT do pós-pastejo foi observado no tratamento E6 em relação aos tratamentos SA e E12, que não diferiram entre si. As médias apresentaram comportamento quadrático ao longo dos ciclos de pastejo e, se observa, que no mês de março a MSFT do pós-pastejo foi maior em relação aos ciclos de fevereiro e julho. Da mesma forma, a MSMM do pós-pastejo também apresentou esse comportamento ao longo dos ciclos (quadrático), com maior média no ciclo de março.

A MSFV do pós pastejo diferiu entre os três tratamentos, apresentando as médias de 1749,6, 1276,9 e 848,7 kg.ha-1 nos tratamentos SA, E12 e E6, respectivamente. Quanto aos ciclos de pastejo, a MSFV no decorrer destes diminuiu linearmente, sendo notado o menor valor de MSFV do pós-pastejo em julho.

4.2.Digestibilidade aparente da matéria seca

Os diferentes espaçamentos arbóreos e a interação (p<0,05) com os ciclos de pastejo promoveram diferenças significativas entre suas médias de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS). Na tabela 8 estão expostos os valores médios de DMS bem como os dados da interação.

Tabela 8. Digestibilidade aparente da matéria seca (%) do capim-massai pastejado por ovinos em sistema silvipastoril submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos ciclos de pastejo de março e julho de 2015.

Ciclo de pastejo	**Espaçamento arbóreo**		
	SA	**E12**	**E6**
Março*	50,6Ba	48,9Ba	49,5Aa
Julho**	58,6Aa	56,9Aab	52,6Ab

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, α=5%); *Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

Nos pastos SA e E12 as maiores (p<0,05) médias de DAMS foram observadas no ciclo de julho quando comparadas com o ciclo de março. No pasto E6 os valores foram semelhantes, comparando-se os dois ciclos. Em março não houve diferença significativa nos valores médios de DMS quando os espaçamentos arbóreos são comparados. No entanto, no ciclo de julho, a DMS do tratamento SA foi maior (p<0,05) em comparação ao tratamento E6, como mostrado na tabela 8.

4.3. Consumo de matéria seca e energia

Os resultados da análise de variância das causas de variação para consumo de forragem (matéria seca) em quilos por dia(CMS), consumo de forragem (matéria seca) em quilos por 100kg de peso corpóreo(CMSpc), consumo de energia bruta (CEB) e digestível (CED) por kg de matéria seca consumida por ovinos estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Significância associada às causas de variação das medidas de consumo de matéria seca e energia por ovinos submetidos a três espaçamentos arbóreos (EA) durante dois ciclos de pastejo em 2015.

Fonte de Variação	Variáveis			
	CMS	CMSpc	CEb	CEd
EA	*	ns	*	*
CP	*	*	*	*
EA x CP	*	*	*	*

CMS=consumo de matéria seca (kgMS/animal/dia); CMSpc=fibra consumo de matéria seca por peso corpóreo (kgMS/kg de peso corpóreo); [3]CEb=consumo de energia bruta (Mcal/kg MS consumida); CEd=consumo de energia digestível (Mcal/kg MS consumida); *=(p<0,05) e ns=(p>0,05)

Houve interação significativa entre os espaçamentos arbóreos e ciclos de pastejos para todas as variáveis de consumo analisadas.

Os valores médios de CMS, CMSpc, CEB e CED estão expostos na tabela 10. Comparando os ciclos nos tratamentos SA e E12, verifica-se que em julho todas as variáveis de consumo apresentaram maior (p<0,05) valor médio em relação ao ciclo de março. Porém observa-se que no tratamento E6, houve diferença significativa entre os ciclos apenas nas médias de consumo de energia digestível, que foi maior (p<0,05) no mês de julho (Tabela 10).

Tabela 10. Consumo de matéria seca e energia por ovinos em sistema silvipastoril, alimentados com capim-massai, submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos ciclos de pastejo de março e julho de 2015.

Variável	Ciclo de Pastejo	Espaçamento arbóreo		
		SA	E12	E6
CMS	**Março***	0,442Ba	0,419Ba	0,454Aa
(KgMS/animal/dia)	**Julho****	0,742Aa	0,708Aab	0,554Ab
CMSpc	**Março***	1,84Ba	1,82Ba	1,89Aa
(KgMS/100KgPC)	**Julho****	2,82Aa	2,83Aa	2,20Aa
CEB	**Março***	1,88Ba	1,76Ba	1,90Aa
(Mcal/kgMS/animal/dia)	**Julho****	3,10Aa	2,90Aab	2,27Ab
CED	**Março***	0,92Ba	0,79Ba	0,86Ba
(Mcal/kgMS/animal/dia)	**Julho****	1,84Aa	1,81Aa	1,25Ab

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, α=5%); CMS = consumo de matéria seca; CMSpc: consumo de matéria seca por peso corpóreo; CEB: consumo de energia bruta; CED: consumo de energia digestível; *Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

No ciclo de pastejo de março, não houve diferença significativa entre os espaçamentos arbóreos em nenhuma das variáveis de consumo estudadas. Já

no ciclo de pastejo de julho, houve diferenças ($p<0,05$) entre as médias nas variáveis CMS, CEB e CED. O tratamento SA proporcionou maiores ($p<0,05$) médias de CMS, CEB e CED, quando comparado com as médias do tratamento E6. Com relação ao CED, os tratamentos SA e E12 não diferiram entre si. Nas variáveis CMS e CEB, o tratamento E12 apresentou valores intermediários de consumo, não diferindo dos demais (tabela 10).

4.4. Emissões de metano entérico

Os resultados da análise de variância das causas de variação para emissão de CH_4 por dia, por ano, por quilo de matéria seca consumida e por Mcal de energia bruta e digestível ingerida por ovinos estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11. Significância associada às causas de variação das emissões de CH_4 entérico por ovinos submetidos a três espaçamentos arbóreos (EA) durante dois ciclos de pastejo (CP) no ano de 2015.

Fonte de Variação	Variáveis				
	CH_4dia	**CH_4ano**	**CH_4msc**	**CH_4ebi**	**CH_4edi**
EA	ns	ns	ns	ns	ns
CP	*	*	*	*	*
EA x CP	*	*	ns	ns	ns

CH_4dia=gramas de metano por animal por dia; CH_4ano=kg de metano por animal por ano; CH_4msc=gramas de metano por kg de matéria seca consumida por animal por dia; CH_4ebi=gramas de metano por Mcal de energia bruta ingerida;[5]CH_4edi=gramas de metano por Mcal de energia digestível ingerida; *=($p<0,05$) e ns=($p>0,05$).

Foi observada interação significativa ($p>0,05$) entre os espaçamentos arbóreos e ciclos de pastejo nas emissões diárias e anuais de CH_4 por animal (CH_4dia e CH_4ano). Já as emissões de metano relacionadas ao consumo de matéria seca e energia sofreram influencia apenas dos ciclos de pastejo (tabela 11).

A tabela 12 mostra os valores médios de emissão de CH_4 por animal diária e anual, bem como os efeitos da interação entre os espaçamentos arbóreos e ciclos de pastejo. Não houve diferença entre as médias dos espaçamentos arbóreos, independentemente do período em que foram avaliadas.

Tabela 12. Emissão de CH_4 por ovinos em sistema silvipastoril, alimentados com capim-massai, submetidos a três espaçamentos arbóreos - sem árvores (SA), e espaçamentos de 12m (E12) e 6m (E6) entre renques de árvores - nos ciclos de pastejo de março e julho de 2015.

Variável	Ciclo de Pastejo	Arranjo arbóreo		
		SA	E12	E6
CH_4dia	**Março***	19,79Ba	17,19Ba	18,76Aa
(g/animal/dia)	**Julho****	26,70Aa	22,78Aa	19,56Aa
CH_4ano	**Março***	7,22Ba	6,27Ba	6,85Aa
(Kg/animal/ano)	**Julho****	9,74Aa	8,32Aa	7,14Aa

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, α=5%); CH_4#A: emissão anual de metano; *Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

Observando os tratamentos SA e E12, as maiores ($p<0,05$) emissões de CH_4dia e CH_4ano são verificadas mês de julho, comparando-se ao mês de março. No tratamento E6 não há diferença significativa quando os períodos de março e julho são comparados (Tabela 12).

Na tabela 13 são apresentados os valores médios de emissão de CH_4 relacionado ao consumo de matéria seca e energia pelos animais.

Tabela 13. Emissão de CH_4(g) em relação ao consumo de matéria seca e energia por ovinos em sistema silvipastoril alimentados com capim-massai nos ciclos de pastejo de março e julho de 2015

Ciclo de pastejo	Variável		
	CH_4msc	**CH_4ebi**	**CH_4edi**
Março*	42,54A	10,10A	22,03A
Julho**	35,05B	8,47B	14,56B

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Tukey, α=5%); CH_4msc=gramas de metano por kg de matéria seca consumida por animal por dia; CH_4ebi=gramas de metano por Mcal de energia bruta ingerida;[5]CH_4edi=gramas de metano por Mcal de energia digestível ingerida; *Ciclo de pastejo 2: 10 a 27 de março de 2015; **Ciclo de pastejo 3: 16 a 31 de julho de 2015.

As médias de CH_4 emitido por kg matéria seca consumida (CH_4msc), CH_4 emitido por megacaloria de energia bruta ingerida (CH_4ebi) e CH_4 emitido por megacaloria de energia digestível ingerida (CH_4edi) foram maiores em julho, comparando ao mês de março.

5. DISCUSSÃO

Os valores médios de altura do dossel no pré-pastejo dos tratamentos SA, E12 e E6 foram 62,1, 58,2 e 51,6 cm (Tabela 6). A menor ($p<0,05$) altura do dossel

no tratamento E6 pode ser atribuída à baixa tolerância do capim-massai ao sombreamento proporcionado por esse arranjo arbóreo, havendo decréscimo no crescimento das plantas. Esse resultado corrobora com os estudos de Andrade et al. (2004), que constataram decréscimo na taxa de crescimento de capim-marandu e capim-massai, quando as plantas foram submetidas ao sombreamento intenso (70% de sombra).

Como não houve diferença nos valores médios de altura nos tratamentos SA e E12 (Tabela 6), pode-se inferir que o sombreamento proporcionado pelo arranjo arbóreo E12 não afeta negativamente o crescimento do capim-massai.

No ciclo de pastejo de julho (Tabela 6), a altura média do dossel forrageiro (41,3 cm) foi menor em relação aos ciclos de fevereiro em março (67,9 e 62,8, respectivamente). O mês de julho corresponde à estação de inverno, onde fotoperíodo, precipitação e temperatura média são reduzidos nas regiões tropicais. Menor altura do dossel na estação de inverno também foi observada por Castro et al. (2009) em estudo com gramínea de clima tropical. Quando submetidas à temperaturas mais baixas e pouca disponibilidade hídrica, (inadequadas crescimento), as gramíneas de clima tropical apresentam crescimento reduzido, (Paciullo et al., 2011), somado, também, à menor disponibilidade de nutrientes necessários para seu desenvolvimento nesse período do ano (Castro et al., 2009).

Os tratamentos SA, E12 e E6 proporcionaram médias de massa seca de forragem total (MSFT) do pré-pastejo de 7372,7, 6959,1 e 5731,3 kg de MS por hectare (Tabela 6). Esse valor foi menor no tratamento E6 devido à maior intensidade de sombra. A sombra proporcionada pelas copas das árvores no tratamento E6 abrangia mais da metade das plantas do sub-bosque dos piquetes devido ao espaçamento de apenas 6 metros entre os renques de árvores. Alguns trabalhos também evidenciaram que quando o nível de sombreamento é intenso, há redução na massa de forragem (ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). Souza et al. (2007) em estudo com capim-marandu em sistema silvipastoril verificaram que o sombreamento proporciona radiação fotossinteticamente ativa insuficiente para atingir o mínimo necessário para o bom desenvolvimento da gramínea. Segundo Galtier et al. (1999), em condições de sombreamento natural, ocorre a redução da relação dos espectros de luz

vermelho:vermelho distante, o que afeta a morfogênese das plantas, principalmente diminuindo perfilhamento das gramíneas. Assim, a menor massa de forragem pode ser atribuída à baixa densidade de perfilhos em condição de sombreamento intenso, como foi observado por alguns autores (Abraham et al., 2014; Paciullo et al., 2007), além de ocorrer marcante redução das taxas fotossintéticas das gramíneas de ciclo C4 submetidas à tais condições (DEINUM et al., 1996; CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2004).

Como não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos SA e E12 nos os valores médios de MSFT do pré-pastejo, pode-se inferir que o sombreamento do arranjo arbóreo E12 não afeta negativamente o desenvolvimento do capim-massai. Além disso, o deslocamento do sol sentido leste-oeste fez com que houvesse exposição da maioria das touceiras dos piquetes E12, não causando diminuição da MSFT em comparação aos pastos SA. Alguns estudos têm mostrado que as porcentagens de sombra de até 30-40% não afetam o crescimento das plantas forrageiras, mostrando que essas são moderadamente tolerantes à sombra (PACIULLO et al., 2010; SOUSA et al., 2010).

A média de MSFT do pré-pastejo no ciclo de março foi de 7697,9 kg de MS por hectare, o que foi maior ($p<0,05$) comparando-se às médias dos demais ciclos de pastejo. Durante esse ciclo houve intensa precipitação pluviométrica e temperaturas adequadas para o crescimento das plantas (Figura 1)

As médias de massa seca de forragem verde do pré-pastejo seguiram o mesmo padrão das médias de MSFT, observando-se o menor ($p<0,05$) valor de MSFV no tratamento E6. Alguns trabalhos apontam que em sistemas silvipastoris é observado menor perfilhamento, quando comparados a pastos em condição de sol pleno, fato atribuído à sombra proporcionada pelas árvores que diminui a quantidade e qualidade da luz incidente sobre o dossel forrageiro, prejudicando o crescimento das plantas (VENTURIN et al., 2010; PACIULLO et al., 2007). Abraham et al. (2014) estudando três porcentagens de sombreamento (0, 60 e 90%) verificaram que o aumento da sombra proporcionou mudanças estruturais na planta forrageira (*Dactylis glomerata*), 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 o emprego de diferentes espécies arbóreas, em pastagens de capim-marandu, observaram que a produção de massa seca de forragem diminui com a presença de árvores, inclusive aquelas que proporcionam maior sombreamento.

Como as médias de MSFT no pré-pastejo dos tratamentos SA e E12 foram maiores ($p<0,05$) em relação às médias do tratamentos E6 (Tabela 6), também houve uma maior ($p<0,05$) massa residual pós-pastejo para esse tratamento (Tabela 7). Conforme há aumento do sombreamento nas plantas forrageiras, há diminuição da densidade populacional de perfilhos (PACIULLO et al., 2007), o que pode proporcionar uma menor massa seca de forragem pré e pós-pastejo no capim sombreado.

O florescimento do capim-massai nesse experimento ocorreu no início de março, coincidindo com o segundo ciclo de pastejo. No processo de florescimento ocorre o acúmulo de colmos com alto teor lignina (Peternelli, 2003; Santos, 2002). Pode-se inferir, portanto, que houve rejeição de parte desse material pelos ovinos, que selecionam principalmente as folhas das plantas, aumentando assim o valor de MSFT no segundo ciclo de pastejo.

A digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) dos tratamentos SA e E12 foi em média 8% menor ($p<0,05$) em março do que em julho, conforme apresentado na Tabela 8. A presença de grande volume de colmos desenvolvidos pelo florescimento do capim no mês de março, afetou a qualidade da forragem disponível para os animais, proporcionando menor DMS. Ademais, o capim estava rebrotando no ciclo de pastejo de julho, o que resultou em aumento dos teores de digestibilidade. Isso pode ser confirmando pela observação na Tabela 4, na qual estão expostos os valores médios da composição química do pastejo simulado nos ciclos de março e julho.

No período de julho, o tratamento SA apresentou maior ($p<0,05$) média de DMS em relação ao tratamento E6. O diâmetro das touceiras do tratamento E6 diminuiu visivelmente do mês de março para o mês de julho o que aponta a diminuição na formação de novos perfilhos nas mesmas, fazendo com que aumente a proporção de massa seca de material morto, como observado nos valores de relação V:M apresentados na Tabela 6. Senanayake (1995) em estudo conduzido no

Sri Lanka relatou que a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de quatro gramíneas forrageiras de clima tropical foi reduzida sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz) quando comparada à condição de luz solar plena. Paciullo et al. (2007) observaram que o perfilhamento diminui sob condições de sombreamento, o que pode estar relacionado à diminuição da digestibilidade das plantas.

As médias de CMS e CMSpc obtidas no ciclo de pastejo de março observadas na tabela 10 são consideradas baixas de acordo com o NRC (2007). No referido período, foi constatado nos animais alta infestação de verminose devido à alta contaminação do pasto, por causa da alta umidade proporcionada por frequente precipitação (Figura 1), ideal para a proliferação das larvas de helmintos. Animais com verminose severa tem o apetite reduzido, o que pode ter causado esses valores baixos de consumo em março. Além disso, foi observado que a forragem ofertada aos animais nesse ciclo, apesar de apresentar maior MSFT em relação aos demais ciclos, possuía grande quantidade de colmos que se desenvolveram devido ao florescimento, havendo rejeição desse material pelos animais.

As maiores médias dos parâmetros de consumo, inclusive de energia digestível, no ciclo de pastejo de julho são atribuídas, à melhor condição corporal dos e à maior DMS observada neste período (Tabela 8), pois quando a digestibilidade da dieta é maior, a restrição do consumo pelo enchimento do rúmen é menor, possibilitando maior ingestão, inclusive de energia, pelos animais.

Souza et al. (2015) estudaram o efeito do ambiente silvipastoril sobre o consumo de forragem (matéria seca) por ovinos em comparação ao ambiente de monocultivo de capim-marandu. Os autores verificaram que os animais apresentaram maior consumo em ambiente silvipastoril, comparando-se ao sistema de monocultivo. Segundo os autores, o maior consumo de matéria seca no sistema silvipastoril foi atribuído às melhores condições microclimáticas proporcionadas por este sistema uma vez que o melhor conforto térmico fornecido proporcionou menor restrição dietética metabólica e termogênica (FORBES, 1995).

Menores médias de CH_4dia e CH_4ano foram observadas no período de março (Tabela 12) que pode ser atribuído ao menor consumo de matéria seca no período (Tabela 10). Buddle et al. (2011) afirmam que em ruminantes, o consumo de matéria seca é o principal fator que interfere na produção de metano (g CH_4/dia) e

geralmente uma relação positiva forte entre IMS e produção de CH_4 é observada. Segundo estudos realizados por Ellis et al. (2007) há alta correlação entre o consumo de matéria seca e a produção de metano entérico pelos ruminantes.

Judd et al. (1999) em estudo realizado com ovinos de 6 meses de idade em pastagens de azevém e trevo branco verificaram valores médios de emissão de metano (19,5 g/dia) próximos aos valores de emissão de metano por animal do presente trabalho. Lockyer (1997) observou emissão média de metano de 13,3 g/animal/dia em estudo com ovinos em sistema de pastagem com azevém. No entanto, até o momento, não há relatos na literatura sobre quantidade de metano emitido por ovinos em sistema silvipastoril. Pinares-Patiño (2003) em estudo realizado com ovinos mantidos em pastos de azevém e trevo branco na Nova Zelândia observaram valores médios de emissão de metano entre 28,8 e 35,5g/animal/dia.

A produção de metano pelos ruminantes representa uma forma de perda de energia (JOHNSON & WARD, 1996). Desta forma é conveniente que a produção de metano seja expressa por unidade de energia ingerida.

As menores emissões de metano por unidade de consumo de matéria seca e energia no mês de julho em comparação ao mês de março (Tabela 13) evidenciou que os animais ingeriram maior quantidade de energia digestível em julho (tabela 10), porém com menor emissão de CH_4 por energia digestível consumida. Isso evidencia importância de se oferecer alimentos de melhor qualidade aos ruminantes, apontando o efeito mitigador de emissão de CH_4 entérico que esta proporciona. Quanto maior a digestibilidade da dieta, normalmente maior será a quantidade de energia digestível ingerida, reduzindo, desta forma, a emissão de CH_4. Molano e Clark (2008) estudaram a emissão de metano por ovinos em sistema de pastejo com azevém na Nova Zelândia e obtiveram valor médio de 23,2g de CH_4 emitido por kg de MS consumida, menor do que valor observado nesse estudo. A maior emissão de CH_4 por ovinos alimentados capim-massai se deve à menor digestibilidade dessa gramínea, quando comparada às gramíneas de clima temperado como o azevem.

6. CONCLUSÃO

O sistema silvipastoril não reduziu a emissão de CH_4. Porém, a melhor qualidade do pasto no mês de julho proporcionou melhor digestibilidade, melhor consumo de energia digestível e diminuição da emissão de CH_4 por unidade de consumo tanto de matéria seca, quanto de energia. Como são raros os trabalhos que avaliaram a emissão de CH_4 por animais em sistema silvipastoril, é necessário que outros estudos nesses sistemas sejam desenvolvidos, para que possam ser feitas comparações consistentes, geradas conclusões consistentes para escolha e adoção de sistemas de produção mais sustentáveis.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A. L.; LOUVANDINI, H.; SALLAM, S. M. A. H.; BUENO, I. C. S.; TSAI, S. M.; FIGUEIRA, A. V. O. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, p.953–964, 2012.

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.

AMARAL, G. A. **Consumo de forragem e emissão de metano por ovinos em sistemas pastoris**. 2011. 119f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/60478/000856998.pdf?sequence=1 (Acesso em 31 de out. 2015).

ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.263-270, 2004.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: AOAC International, 1117p., 1990.

ARAUJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; ARAÚJO, S. A. C.; RIBEIRO, E. T.; PÁDUA, F. T.; CARVALHO, C. A. B.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B.; LISTA, F. N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* s.t. blake. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.90-98, Julho, 2013.

AROEIRA, L.J.M.; PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; MORENZ, M.J.F.; SALIBA, E.S.; SILVA, J.J. da; DUCATTI, C. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.413‑418, 2005.

AZAR, G. S.; ARAÚJO, A. S. F.; OLIVEIRA, M. E.; AZEVEDO, D. M. M. R. Biomassa e atividade microbiana do solo sob pastagem em sistemas de monocultura e silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2727-2736, 2013.

BAE, D. H.; WELCH, J. C.; SMITH, A. M. Forage intake and rumination by sheep. **Journal of Animal Science**, v.49, p.1292-1299, 1979.

BARCHET, I.; FREITAS, C. A. Integração de preços entre o Rio Grande do Sul, Uruguai, Brasil e Austrália nos mercados da carne ovina e da lã. **Revista Espacios,** Caracas, v. 33, n. 7, p. 5, 2012.

BEAUCHEMIN, A. K.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER. A. T. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 48, n. 2, p. 21–27, 2008.

BELESKY, D. P.; CHATTERTON, N. J.; NEEL, J. P. S. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. **Agroforestry System***, v.*67, p.51-61, 2006.

BELSKY, A. J. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 26, n. 1, p. 12-20, 1992.

BERCHIELLI, T. T., MESSANA, J. D., CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal,** Salvador, v.13, n.4, p.954-968, 2012**.**

BERCHIELLI, T.T.; SADER, A.P.O.; TONANI, F.L. et al. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1572-1578, 2001.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, H. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 77-87, 2009.

BUDDLE, B.M., DENIS, M., ATTWOOD, G.T., ALTERMANN, E., JANSSEN, P.H., RONIMUS, R.S., PINARES-PATIÑO, C.S., MUETZEL, S., WEDLOCK, N. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal**, v.188, p.11–17, 2011.

CANESIN, R.C. **Frequência da suplementação de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagens.** 2009. 119f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Disponível em: http://repositorio.unesp.br/handle/11449/104925 (Acesso em 30 de out. 2015)

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A.O.; UEBELE, M.C.; BUENO, F.O.; SILVA, G.N.; MORAES, J.P. Herbage production and grazing losses in Panicum maximum cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165- 176, 2006.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS JR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.213-218, 1997.

CARVALHO, P. C. F.; PRACHE, S.; DAMASCENO, J. C. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, v.2. p.253-268, 1999.

CARVALHO, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: Simpósio sobre sustentabilidade de sistemas de produção de leite a pasto e em confinamento, 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p.85-108. 2001

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: v. 1, p. 853-871, 2001.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.717-722, 2002.

CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDENCIA, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p.31-76.

CARVALHO, P. C. F; SANTOS, D. T.; BARBOSA, C. M. P.; LUBISCO, D. S.; LANG, C. R. Otimizando o uso da pastagem pela integração de ovinos e bovinos. In: ZOOTEC, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS, 2005.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.38, p.109-122, 2009 (supl. especial).

CARVALHO, P. C. F. et al. Estudo do consumo de forragem pelo animal em pastejo e seu impacto na produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 3., 2011, Pirassununga. **Anais...** v.1, p.116-137, 2011.

CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M.; GARCIA, R. et al. Efeito do sombreamento artificial sobre o valor nutritivo de seis gramíneas forrageiras. In: Congresso brasileiro em sistemas agroflorestais: no contexto da qualidade ambiental e competitividade. 1998. Belém-PA. **Anais...** Belém: Embrapa - CPATU. 1998. p.23-25.

CASTRO, C.R.T. de; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.919-927, 1999.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MÜLLER, M. D.; NASCIMENTO JR., E. R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de Brachiaria decumbens em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.19-25, dez. 2009.

COELHO, J. S.; ARAÚJO, S. A. C.; VIANA, M. C. M.; VILLELA, S. D. J.; FREIRE, F. M.; BRAZ, T. G. S. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

COTTLE, D.J.; NOLAN, J.V.; WIEDEMANN, S.G. Ruminant enteric methane mitigation : a review. **Animal Production Science**, v.51, p.491-514, 2011.

DA SILVA, S. C. **Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum* e *brachiaria***, 2005. Disponível em:http://people.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/fundamentosparamanejobrachiariaepanicum.pdf (Acesso em 17 de nov. 2015).

DA SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p. 155-186, 2003.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JR., D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, *suplemento especial*, p.121-138, 2007.

DA SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L. Consumo de forragem sob condições de pastejo. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: VALOR ALIMENTÍCIO DE FORRAGENS, SIMPÓSIO. **Anais.** Jaboticabal, 2003.

DE PAULA, E. F. E.; STUPAK, E. C.; ZANATTA, C. P.; PONCHEKI, J. K.; LEAL, P. C.; MONTEIRO, A. L. G. Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: Uma revisão. **Revista Tropica - Ciências Agrarias e Biologicas**, Chapadinha, v. 4, n. 1, p. 42-51, 2010.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.44, p.111-124, 1996.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental - Documentos, 402, 36 p., 2014.

DUTRA, S.; VEIGA, J. B.; MANESCHY, R. **Estrutura de Sistemas Silvipastoris na Região Nordeste Paraense.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 64, 25 p., 2007.

ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N. E.; MCBRIDE, B. W.; OKINE, E. K.; FRANCE, J. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. **Journal of Dairy Science**, vol. 90, no. 7, pp. 3456–3467, 2007.

EMBRAPA: Empresa Brasileirade Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Seminário Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 306p, 2006.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados. **Documentos 46**, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 22p., 2003.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Capim-massai (Panicum maximum cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte(Comunicado Técnico, 69), 5p., 2001.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell & Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FRANKE, I. L.; LUNZ, A. M. P.; VALENTIM, J. F.; AMARAL, E. F.; MIRANDA, E. M. Situação atual e potencial dos sistemas silvipastoris no Estado do Acre. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa - CNPGL; FAO, p.19-40, 2001.

FORBES J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. CABI Publishing, Wallingford, UK. 1995.

GARCEZ-NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.J.; GOBBI, K.F. Aclimatação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GARCEZ-NETO, A. F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 102 p., 2006. Disponível em: http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1684 (Acesso em 24 de Nov. 2015)

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris. In: Gomide, J.A. (ed.). SIMPÓSIO INTERNACIOANL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, 1997. **Anais...**. Viçosa: UFV, 1997. p. 447-471

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429, 1999.

GIMENES, M. J.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; DAL POGETTO, M. H. F. A. Interferência de densidades de Brachiaria brizantha sobre plantas daninhas em consórcio com milho. **Revista Trópica** - Ciências Agrárias e Biológicas, Chapadinha, v. 4, n. 1, p. 25-31, 2009.

GOBBI, K. F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageirastropicais submetidas ao sombreamento**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 82p. 2007. Disponível em http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1677/texto%20completo.pdf?sequence=1 (Acesso em 25 de Nov. 2015)

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ-NETO, A. F.; PEREIRA, O. G.; ROCHA, G.C. Valor nutritivo do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Archivos de Zootecnia,** v. 59, p.379-390, 2010.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1487-1494, 2007.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three Brachiaria species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v.42, p.75-87, 2008.

HAMMOND, K. J.; BURKE, J. L; KOOLAARD, J. P.; MUETZEL, S.; PINARES-PATIÑO, C. S.; WAGHORN, G. C. Effects of feed intake on methane enteric emissions from sheep fed fresh white clover (*Trifolium repens*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) forages. **Animal Feed Science and Technology**, v.179, p.121-132, 2013.

HODGSON, J**. Grazing management: science into practice**. Ed. Longman Scientific & Technical. 203p., 1990.

HOLTER, J. B. & YOUNG, A. J. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, vol. 75, no. 8, pp. 2165–2175, 1992.

HOOK, S.E.; WRIGHT, A. D. G.; MCBRIDE, B. W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. **Archaea**, v. 2010, p.1-11, 2010.

HUSTON, J. E.; ENGDAHL, B. S.; BALES, K. W. Intake and digestibility in sheep and goats fed three forages with different levels of supplemental protein. **Small Ruminants Research**, v.1, p.81-92, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: **Senso Agropecuário. Brasileiro**, 2010.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Caprinos e Ovinos em São Paulo atraem argentinos**. In: Análise e indicadores do agronegócio, v.1, 2006.

IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. In: **Climate Change 2001: A Scientific Basis**. HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001.

JANK, L.; CALIXTO, S.; COSTA, J.C.G. et al. **Catálogo de caracterização e avaliação de germoplasma de Panicum maximum: descrição morfológica e comportamento agronômico**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 53p. (Documentos, 68), 1997.

JANK, L; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. *Panicum maximum* Jacq. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras** (Ed.).Viçosa: Ed. UFV, 2010.

JOHNSON, S. E.; SOLLENBERGER, L. E.; ANDRADE, I. F.; BENNETT, J. M. Nutritive value of rhizome peanut growing under varying levels of artificial shade. **Agronomy Journal***,* v. 94, p.1071-1077, 2002.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from Cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.

JOHNSON, D. E.; WARD, G. M. Estimates of animal methane emissions. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 42, no. 1-2, pp. 133–141, 1996.

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.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, p.831-837, 1993.

KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 25, p.309-319, 1982.

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

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; MCCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v.81, p.227, 1999.

LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F.; GARRETT, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry System***,* v.59, p.269-281, 2001.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK , L.; NETO, M. M. G.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero Brachiaria sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Relatório de referência para Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. v.1. Brasília: MCT, 2010.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. v.1. Brasília: MCTI, 2014.

MEDEIROS, R. B.; PEDROSO, C. E. da S.; JORNADA, J. B. J. da; SILVA, M. A. da; SAIBRO, J. C. de. Comportamento ingestivo de ovinos no período diurno em pastagem de azevem anual em diferentes estadios fenologicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.198-204, 2007.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MERTENS, D.R. Digestibility and intake. In: **Forages. The science of grassland agriculture**. BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M (ed.). 6ª ed. Ames: Iowa. Blackwell Publishing Ltd, v. 2. p.487-507, 2007.

MCMICHAEL, A. J.; POWLES, J. W.; BUTLER, C. D.; UAUY, R. Food, livestock production, energy, climate change, and health. **The Lancet**, vol. 370, no. 9594, pp. 1253–1263, 2007.

MEISTER, N. C. **Produção de metano em caprinos sob pastejo**. 2013. 108f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Disponível em: http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106615/meister_nc_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Acesso em 10 de Nov. 2015)

MOLANO, G.; CLARK, H. The effect of level of intake and forage quality on methane production by sheep. **Australian Journal of Experimental Agriculture** v.48, p.219–222, 2008.

MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; SOUSA, L. F.; FIGUEIREDO, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação da Brachiaria brizantha cv. marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.706-713, 2009.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. **British Journal of Nutrition,** vol. 36, no. 1, pp. 1–14, 1976.

NIINEMETS, Ü. Components of leaf dry mass per area - thickness and density - alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants. **New Phytologist***, v.*144, p.35-47, 1999.

NOLLER, C. H., NASCIMENTO JÚNIOR, D., QUEIROZ, D. S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, p 319-352, 1996.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. valor alimentício em plantas do gênero Cynodon. In: 150 Simpósio sobre manejo de pastagem. Manejo de pastagens de Tífton, Coastcross e Estrela. 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p.203- 242. 1998.

OSORO, K.; FERREIRA, L. M. M.; GARCIA, U.; MARTINEZ, A.; CELAYA, R. Forage intake, digestibility and performance of cattle, horses, sheep and goats grazing together on na improved heathland. **Animal Production Science**, 2015.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; XAVIER, D. F.; FERNANDES, E. N. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistemas agrossilvipastoril, conforme distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.46, p.1176–1183, 2011

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M.; FERNANDES, P.B.; ROCHA, W.S.D.; MÜLLER,M.D.; ROSSIELLO, R.O.P. Soil bulk density and biomass partitioning of Brachiaria decumbens in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v.67, p.401–407, 2010.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.573-579, 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.

PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. **Grass and Forage Science**, v.43, n.1, p.15-27, 1988.

PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R.T.;.OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, v.66, p.742-750, 2009.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; DA SILVA, S. C.; Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.281-287, fev. 2007.

PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. da; BRAGA, G. J.; SOUZA NETO, J. M.; SBRISSIA, A. F. Sistemas de pastejo na exploração pecuária brasileira. Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem, **Anais**. UFV, Viçosa, p. 197-234, 2002.

PETERNELLI, M. **Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiarão [*Brachiaria brizantha (Hochst ex A. Rich.) Stafp*: cv. Marandu] sob intensidades de pastejo**. Pirassununga, SP: FZEA, 2003. 93p. Dissertação (mestrado em zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-22092003-162659/pt-br.php (Acesso em 22 de dez. 2015)

PINARES-PATIÑO, C. S.; ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R. BARRY, T. N.; HOLMES, C. W., 2003. Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. **Journal of Agricultural Science**, v.140, p.227–233, 2003.

PLAIZIER, J. C.; KRAUSE, D. O.; GOZHO, G. N.; MCBRIDE, B. W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. **The Veterinary Journal**. Vol. 176, no. 1, pp. 21–31, 2008.

POPPI, D.P., HUGHES, T.P., l'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture**. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, 1987, p.55-64.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Arborização de pastagens como prática de manejo ambiental e estratégia para o desenvolvimento sustentável do Brasil pecuário. In: Congresso Brasileiro de Raças Zebuínas, 6, 2005. **Anais...** Uberaba, MG. p.59-70.

PRACHE, S.; GORDON, I. J.; ROOK, A. J. Foraging behavior and diet selection in domestic herbivores. **Annals de Zootechnie**, Les Ulis, v. 47, p.335-345, 1998.

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.

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

RODRIGUEZ, M. B.; SÁNCHEZ, J. S.; VERA, J. K; BURGOS, A. A.; CASTRO, C. S.; PEREZ, G, S. Productive performance and urinary excretion of mimosine metabolites by hair sheep grazing in a silvopastoral system with high densities of *Leucaena leucocephala*. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, p.1873-1878, 2012.

SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axoponus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Jornal of Agricultural Science**, v. 114, p. 161-169, 1990.

SANTOS, M. P. **Controle do desenvolvimento das hastes do capim Tanzânia: um desafio**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 98p. Tese (Doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis /11/11139/tde-17072002-161144/pt-br.php (Acesso em 22 de dez. 2015)

SAS INSTITUTE INC. System for Microsoft Windows, Release 9.3.Cary, 2002.

SAVIDAN, Y. H; JANK, L.; COSTA, J. C. G. **Registro de 25 acessos selecionados de Panicum Maximum**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1990. 68p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 44).

SILVA, P. R. M.; MEXIA, A. A.; FREIRIA, L. B.; SILVA, S. C. Ovinos em pastagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 34, Ed. 181, Art. 1220, 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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, n.3, p.443-451, 2009**.**

SOLLENBERGER, L. E.; CHERNEY, D. J. R. Evaluating forage production and quality. p. 97-110. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON C. J. (eds.). **Forages: The science of grassland agriculture,** Vol. 2. Iowa State Univ. Press, Ames, IA. 1995.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; PACIULLO, D. S. C.; SILVEIRA, S. R.; RIBEIRO, R. S.; CALSAVARA, L. H.; MOREIRA, G. R. Forage intake, feeding behavior and bio-climatological indices of pasture grass, under the influence of trees, in a silvopastoral system. **Tropical Grasslands**, v.3, p.129−141, 2015.

SOUSA, L.F., MAURÍCIO, R.M., MOREIRA, G.R., GONÇALVES, L.C., BORGES, I., PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiarão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry System**, v.79, p.179–189, 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs. Washington, D.C.: Peer Review Draft, 2000. 48p.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A. C.; VALADARES FILHO, S. C.; GOMES, D. I.; FIGUEIRAS, J. F. Evaluation of ruminal degradability profiles of forage using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2565-2573, 2011.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J. da C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M.F.L. **Capim-massai (*Panicum maximum* Jacq.): nova forrageira para a diversificação das pastagens no Acre**. Circular Técnica 41. Embrapa Acre. 16p., 2001.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v.74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, V. R.; VIEIRA, L. S. A Evolução da caprino-ovinocultura brasileira. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94453/1/Midia-A-evolucao-da-caprino-ovinocultura.pdf (Acesso em 30 de Janeiro de 2016).

VIANA, J., G., A.; MORAES, M. R. E.; DORNELES, J. P. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 2223-2234, 2015.

VIANA, J. G. A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, p. 44 - 47, 01 mar. 2008.

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research***, v.*47, p.1075-1093, 1996.

WMO. World Meteorological Organization. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2014. **WMO Greenhouse Gas Bulletin**, n.11**,** Geneva, 2015.

XAVIER, D.F.; CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de Brachiaria decumbens associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicales**, v.25, p.23-26, 2003.

ZEN, S.; BARIONI, L. G.; BONATO, D. B. B.; ALMEIDA, M. H. S. P.; RITLL, T. F. 2008. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)**.