

**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Escola de Veterinária**  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

“Indicadores de sustentabilidade da pecuária de  
corte no Cerrado e na Amazônia”

Raphael Amazonas Mandarino

Belo Horizonte

2016

Raphael Amazonas Mandarino

“Indicadores de sustentabilidade da pecuária de corte no  
Cerrado e na Amazônia”

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia da Escola de  
Veterinária da Universidade Federal de  
Minas Gerais como requisito parcial para  
Obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Produção Animal  
Prof. Orientador: Dr. Fabiano Alvim  
Barbosa  
Co-Orientador: Dr. Roberto Guimarães  
Júnior

Belo Horizonte

2016

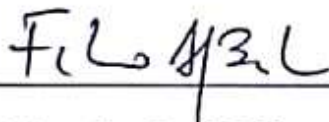
M271i Mandarino, Raphael Amazonas, 1984-  
Indicadores de sustentabilidade da pecuária de corte no cerrado e na Amazônia /  
Raphael Amazonas Mandarino. – 2016.  
94 p.

Orientador: Fabiano Alvim Barbosa  
Co-orientador: Roberto Guimarães Júnior  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária  
Inclui bibliografia

1. Bovino de corte – Criação – Teses. 2. Pastagens – Teses. 3. Sustentabilidade –  
Teses. 4. Desempenho produtivo – Teses. 5. Gases estufa – Teses. I. Barbosa,  
Fabiano Alvim. II. Guimarães Junior, Roberto. III. Universidade Federal de Minas  
Gerais. Escola de Veterinária. IV. Título.

CDD – 636.213 08

Tese defendida e aprovada no dia 31 de agosto de 2016, pela comissão  
constituída por:



---

Orientador: Prof. Fabiano Alvim Barbosa



---

Prof. Ricardo Reis e Silva



---

Prof. Diogo Gonzaga Jayme



---

Dr. Luiz Gustavo Riberio Pereira



---

Prof. Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho

**"Não conheço nenhuma fórmula infalível para obter o sucesso, mas conheço uma forma infalível de fracassar: tentar agradar a todos." (John F. Kennedy)**

## **DEDICATÓRIA**

**Ao meu filho Raphael Zorzo Mandarino**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço sempre em primeiro lugar a Deus que guiou meus passos até onde estou agora. Obrigado pela ajuda em todos os momentos em que duvidei. O Senhor sempre me mostrou que, no final, sempre há em um jeito para tudo! Agradeço por todas as dádivas e em especial pelo meu filho, o maior presente que poderia ganhar! Obrigado!

Agradeço a você, meu filho, Raphael Zorzo Mandarinino, por fazer a minha vida ter mais sentido! Por você, serei um homem melhor a cada dia! Obrigado por você existir do jeito que você é! Te amo eternamente e estarei todos os dias ao seu lado lutando por sua felicidade! Que deus te abençoe todos os dias de sua vida!

Agradeço aos meus pais, Raphael Mandarinino Junior e Georgina dos Santos Amazonas Mandarinino pela vida! Por serem os avós mais babões e por me amarem, acreditarem e insistirem. Agradeço também a vocês por me darem minha irmã, Mariana, minha eterna guardiã e princesa. Com o amor de vocês eu sei que posso cada vez mais! Agradeço por tudo que me foi ensinado, orientado e explicado. E por me deixarem voar...

Agradeço à minha irmã, Mariana Amazonas Mandarinino Coelho Serra Gonçalves, que sempre me mostrou um lado mais feliz da vida e dos momentos. Você é a pessoa mais vitoriosa que eu conheço. E você sempre me ajudou a mudar para melhor, tudo! Eu te amo e obrigado pelo meu Sobrinho Matheus que está chegando! Chega logo Matheus! Obrigado meu cunhado Rafael Coelho Serra Gonçalves por cuidar desta princesa linda e me propiciar ser tio do Matheus. Conte comigo sempre!

Agradeço às minhas avós, Guilhermina Cardoso Mandarinino e Nancy dos Santos Amazonas (*in memoriam*) por existirem e terem me oferecido o melhor delas na minha vida. Agradeço por colocarem no mundo as duas pessoas mais importantes para mim: meu pai e minha mãe. Agradeço cada uma das gargalhadas que dei ao dado de cada uma das senhoras! Vocês são as melhores avós do mundo!

Agradeço à Bárbara Vanessa Dierings Zorzo Mandarinino... por ser a mulher mais incrível deste universo. Forte, Guerreira, Dona de si e Encantadora. Obrigado por permitir-me realizar meu maior sonho, de ser pai! Você me deu a maior felicidade que eu podia pedir! Hoje eu sei que tudo faz sentido e que tudo merece o suor e o

sangue vertidos até aqui. Você Bárbara, minha esposa, é, acima de tudo, a pessoa a quem quero tentar retribuir a cada dia, a cada segundo, para o resto de minha vida, tudo quanto você me fez e faz feliz! Eu te amo! Você é perfeita!

Agradeço a Terezinha, Augusto, Débora e Adriano. A todos do Paraná que sempre me acolheram tão bem e agora são minha família. Muito obrigado! Amo vocês!

Aos meus grandes amigos e irmãos, Flávio de Barros Faria, Luiz Henrique Cunha Filho, Juliana Hiromi Sato por me apoiarem em qualquer circunstância. Contem comigo para tudo, sempre!

Ao meu orientador, professor Fabiano Alvim Barbosa, por ajudar-me sem limites em todos os momentos. Acima de tudo, obrigado pela amizade construída durante estes anos.

Ao meu Co-orientador, Dr. Roberto Guimarães Junior, pela confiança no meu trabalho. Pelas horas difíceis terem sido ensinamentos. Pelos puxões de orelha e por toda ajuda para a conclusão deste trabalho. Obrigado pelas horas dedicadas no campo e pelas oportunidades de aprendizado. Eu ouvi e guardei tudo que me tentou passar. Hoje faz uma grande diferença na minha vida... Muito Obrigado!

Ao Dr Luiz Gustavo Ribeiro Pereira e ao Dr Thierry Thomich pelos ensinamentos, pelas contribuições, treinamentos, pelo auxílio e pela parceria nestes projetos. Agradeço ainda a oportunidade de trabalhar pessoalmente com os senhores. Muito obrigado!

Ao professor Dr. Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho, obrigado por todos os ensinamentos e as inúmeras vezes em que me socorreu nas dúvidas e estatísticas. Você é o cara! Sempre próximo, amigo e com certeza um eterno professor! Aprendi com você que a vida tem que ser aproveitada balanceada, com equilíbrio, que assim se faz um homem. Sucesso e Família. Juntos o mundo não possuirá barreiras.

Ao professor Diogo Gonzaga Jayme e ao Professor Ricardo Reis e Silva, por todo ensinamento e por aceitarem fazer parte desta banca. Suas contribuições foram essenciais para uma melhoria significativa em minha formação e trabalho. Agradeço as suas considerações e auxílio durante todo o curso.

Ao Dr. Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues e a toda sua equipe pelo auxílio vital prestado ao nosso projeto. Muito Obrigado!

Agradeço à Embrapa Cerrados por me acolher e me disponibilizar todos os recursos para a realização deste trabalho. Agradeço à Embrapa Gado de Leite e à Embrapa Pecuária Sudeste pelos suporte e treinamento.

Agradeço à CAPES, pela bolsa concedida pelo Edital CAPES/EMBRAPA Projeto Rumem Gases – Embrapa pela Bolsa de Estudos durante meu doutorado. Agradeço à UFMG, ao CNPq, ao Projeto Pecos, à Embrapa Agrossilvipastoril, à Embrapa Pecuária Sudeste e ao Instituto Centro de Vida – ICV por oferecer auxílio, treinamento, oportunidade e confiança para a realização deste trabalho.

Aos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho: Dr Lourival Vilela, Dra. Giovana Maciel, Dra. Karina Pulrolnik, Dr. Kleberson, Doutoranda Darliane Santos, Aos estagiários: Bruno, Milena, Edilson, Marília, Sthefanie.

Agradeço também aos funcionários do estábulo e das forrageiras, aos técnicos de laboratório e a todos que, eventualmente, foram importantes. Meu muito obrigado!

Aos fazendeiros de Alta Floresta que abriram suas propriedades para um projeto pioneiro na Amazônia Brasileira. Obrigado pela parceria!

Ao amigo Danilo Bastos, agradeço o auxílio e aconselhamentos. Sua ajuda foi vital para me incentivar a chegar ao final deste trabalho. Serei sempre muito grato! Grande abraço.

Aos colegas de Doutorado da Escola de Veterinária, Henrique Oliveira, Thiago Laval, Geraldo Helber, Lucas Emerick, Larissa Kretli Winkelstroter, Isabela Menezes, Patrícia Costa, Juliana Mergh Leão, Juliana Moreira e a todos os outros que, possivelmente, possa ter esquecido de mencionar, com os quais pude conviver durante o período de residência em Belo Horizonte. Meus sinceros agradecimentos pelo apoio, pela amizade e pelo comprometimento. Obrigado aos momentos que passamos juntos.

Por fim, aos professores, obrigado pelos momentos dedicados a ensinar tudo que sei hoje. Aos funcionários da escola de veterinária. Todos vocês são peça-chave para que este título fosse alcançado, obrigado.

## LISTA DE SIGLAS

ATP	Adenosina Trifosfato
CH <sub>4</sub>	Metano
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de Carbono equivalente
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca
EB	Energia Bruta
ECD	Electron capture detector
ECH <sub>4</sub>	Emissão de Metano Entérico
ED	Energia Digestível
FDA	Fibra indigestível em detergente ácido
FDN	Fibra indigestível em detergente Neutro
FID	Flame ionization detector
GEE	Gases de Efeito Estufa
GMD	Ganho Médio Diário
H <sub>2</sub>	Hidrogênio
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IMS	Ingestão de Matéria Seca
NDT	Nutrientes digestíveis Totais
NH <sub>3</sub>	Amônia
NIRS	Near Infrared Spectroscopy
NO <sub>3</sub>	Nitrato
PB	Proteína bruta
PV	Peso vivo
SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de Enxofre
UA	Unidade Animal

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1: EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO DE BOVINOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO DE LAVOURA-PECUÁRIA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO

<b>Tabela 1.2</b> – Dados da composição química de <i>Brachiaria brizantha</i> cv Piatã em diferentes sistemas integrados de produção.....	58
<b>Tabela 1.3</b> - Disponibilidade de Massa Seca em Kg.ha <sup>-1</sup> , relação folha-colmo do capim-Piatã, ingestão de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> cv Piatã em diferentes sistemas integrados de produção. ....	59
<b>Tabela 1.4</b> - Peso Vivo (PV), taxa de lotação (TL), ganho de peso médio diário (GMD) ganho de peso por hectare (GHA) em sistemas de produção integrados nas estações seca e chuvosa .....	60
<b>Tabela 1.5</b> - Emissões de metano em gramas por dia, quilogramas por ano, emissões de metano por quilograma de matéria seca ingerida (CH <sub>4</sub> .MSI), Metano Yield (Y <sub>m</sub> ), gramas de metano por quilograma de peso vivo ganho (gCH <sub>4</sub> .kgGPV) e por hectare (gCH <sub>4</sub> .kgGPV.ha-1) em sistemas de produção integrados nas estações seca e chuvosa	61

### CAPÍTULO 2: AVALIAÇÃO DA ADOÇÃO DE BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE PECUÁRIA DE CORTE NA AMAZÔNIA

<b>Tabela 2.1</b> - Composição química de pastagens da Unidade de Referência Tecnológica (URT) e a pastagem com baixa adoção de tecnologias, com base matéria seca, no período da seca e no período das chuvas em Alta Floresta – MT. ....	78
<b>Tabela 2.2</b> – Índices zootécnicos de Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono (PIBC), em Alta Floresta – MT, obtidos no período de abril/13 a março /14.....	81
<b>Tabela 2.3</b> – Resultados financeiros de Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono (PIBC), com adoção de Boas práticas Agropecuárias e módulos intensificados em propriedades de Alta Floresta – MT, obtidos no período de abril/13 a março /14.....	83
<b>Tabela 2.4</b> – Análise de indicadores de produção e resultados econômicos em sistemas de pastagens intensificadas (URT) em Projeto de Pecuária de Baixo Carbono, Alta Floresta - MT - Brasil. ....	84

<b>Tabela 2.5</b> - Indicadores de produção e resultados econômicos de fazendas em Projeto de Pecuária de Baixo Carbono, Alta Floresta - MT .....	84
<b>Tabela 2.6</b> – Emissões de metano entérico para um sistema de recria de machos em Alta Floresta – MT em sistemas de pastagem com baixa adoção de tecnologia e pastagens intensificadas (URT) durante período de seca e chuvoso no ano de 2014. ...	86
<b>Tabela 2.7</b> – Simulação de desempenho em função das emissões de CH <sub>4</sub> , em gramas por dia, acumulado até abate, gramas por quilograma de peso vivo e em quilogramas por ano, ganho médio diário (GMD) e dias até o abate dos animais.....	87
<b>Tabela 2.8</b> - Valores médios atribuídos pelos agricultores para os tópicos de planejamento técnico, controle de gado, planejamento financeiro, controle financeiro, gestão de recursos humanos, gestão ambiental e gestão do mercado classificados em 1-ruim, 2-regular, 3- bom, 4-muito bom antes e após a assistência técnica. ....	88

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
RESUMO .....	14
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO.....	18
REVISÃO DE LITERATURA .....	21
Os Desafios da Pecuária Bovina e da Sustentabilidade.....	21
Emissões de Gases de Efeito Estufa pela agropecuária brasileira.....	24
Emissões de Metano Entérico .....	27
Sistemas de produção sustentáveis .....	31
Referências Bibliográficas.....	40
1. EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO DE BOVINOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO DE LAVOURA-PECUÁRIA e INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO .....	49
1.1. Resumo .....	49
1.2. Abstract.....	50
1.3. Introdução .....	51
1.4. Material e Métodos .....	52
1.4.1. Local de realização do estudo e Tratamentos experimentais .....	52
1.4.2. Disponibilidade, Composição química da pastagem e digestibilidade in vitro da matéria seca e Desempenho animal .....	55
1.4.3. Emissões de metano entérico.....	56
1.4.4. Análise Estatística .....	57
1.5. Resultados.....	57
1.6. Discussão .....	62
1.7. Conclusão.....	65

1.8. Referências Bibliográficas .....	66
2. AVALIAÇÃO DA ADOÇÃO DE BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE PECUÁRIA DE CORTE NA AMAZÔNIA.....	70
2.1. Resumo .....	70
2.2. Abstract .....	71
2.3. Introdução .....	72
2.4. Material e Métodos .....	73
2.4.1. Emissão de metano entérico por bovinos .....	77
2.4.2. Questionários do Perfil do Pecuarista.....	79
2.4.3. Análises Estatísticas .....	80
2.5. Resultados e Discussão .....	80
2.5.1. Indicadores de sustentabilidade produtivos, econômicos e ambientais....	81
2.5.2. Perfil dos Pecuaristas .....	87
2.6. Conclusão.....	89
2.7. Referências bibliográficas.....	90
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	93

# INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE CORTE NO CERRADO E NA AMAZÔNIA

**Doutorando:** Raphael Amazonas Mandarino

**Orientação:** Dr. Fabiano Alvim Barbosa

**Co-Orientador:** Dr. Roberto Guimarães Júnior

## RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi estudar indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de pecuária de corte no Bioma Cerrado e Amazônico. O estudo realizado no bioma Cerrado envolveu a avaliação de três diferentes sistemas integrados de produção. As variáveis analisadas como indicadores de sustentabilidade foram a emissão de metano entérico, o ganho de peso e a razão entre emissão de metano entérico e indicadores de consumo de matéria seca e desempenho de novilhas Nelore ( $279 \text{ Kg} \pm 21,4$  de peso vivo) nos diferentes sistemas. A forrageira utilizada foi a *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e a espécie arbórea o eucalipto *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantado na orientação norte-sul, sendo os tratamentos: ILP1 – forrageira cultivada com um ano de formada sob sistema de (ILP); ILP6 – forrageira cultivada com seis anos de formada sob sistema de ILP bem manejada ao longo dos anos e; ILPF1 - forrageira com um ano de formada via ILPF, cultivada em sub-bosque de eucalipto com espaçamento entre renques de 22 m ( $417 \text{ árvores.ha}^{-1}$ ). Além dos indicadores mencionados, foram avaliados, nas estações seca e chuvosa, a disponibilidade de massa seca e a relação folha:colmo da pastagem. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (tratamentos) por 2 (períodos). As avaliações foram conduzidas de abril de 2013 a maio de 2014. Novilhas criadas em ILP6 emitiram mais metano por quilo de matéria seca ingerida e, por consequência, apresentaram maiores perdas de energia bruta da dieta na foram de metano (6,15% na seca e 8,65% no período chuvoso). Comparando sistemas integrados ambos com pastagem de primeiro ano, a presença de árvores (ILPF1) não proporcionou incrementos significativos no ganho de peso animal. Por outro lado, o ganho de peso por área ( $\text{kgPV.ha}^{-1}$ ) no sistema ILP1 foi 54% maior do que os demais na seca e 47% maior do que ILPF1 nas águas. As emissões de metano entérico foram afetadas pelos períodos do ano, com maior emissão bruta ( $\text{g/dia}$  e  $\text{kg/ano}$ ) para a época da chuva. Conclui-se que os sistemas integrados, baseados em pastagem de primeiro ano (com 1 ano de formada) foram mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores perda de energia da dieta via fermentação entérica ( $Y_m$ ) e emissão de  $\text{CH}_4$  por kg de matéria seca ingerida. O objetivo do segundo estudo foi avaliar o impacto da implantação de projetos de boas práticas agropecuárias (BPA) sobre indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de pecuária de corte no bioma da Amazônia Brasileira. O experimento conduzido no município de Alta Floresta - MT teve início em agosto de 2012. A abordagem técnica do projeto foi baseada em Boas Práticas Agropecuárias (BPA) e compreendeu a avaliação dos impactos decorrentes da implementação de gestão administrativa e econômica dentro de fazendas. Realizou-se uma seleção de seis propriedades de pecuária de corte onde dados técnicos e econômicos foram coletados durante os anos de 2013 e 2014. Foram realizados diagnósticos por meio da aplicação de questionários abordando a capacidade gerencial

do produtor, nível de conhecimento técnico, adoção de tecnologias na propriedade, manejo sanitário, reprodutivo, manejo alimentar, tipos de suplementos fornecidos, condições de água, animais e estruturas e, em sequência, elaborados projetos de viabilidade técnica e econômica. Além disto, realizou-se um estudo complementar para avaliar emissões de metano entérico nos sistemas intensificados, em Unidades de Referência Tecnológica (URT) e em áreas de pastagens de baixa produtividade (DEG). O período do ano influenciou na produção da bovinocultura de corte e nos custos de pastejo em áreas intensificadas. A intensificação de sistemas produtivos aliada às Boas Práticas Agropecuárias (BPA) propiciaram melhores indicadores de eficiência dos sistemas de produção, quando comparados à fazenda que não adotou as BPA's, como aumento na margem bruta por hectare, apresentando valor de R\$ 749,39. Observaram-se também incrementos de 16% na produção de peso vivo por hectare, 2,05% na TIR e R\$ 335,92 no Valor Presente Líquido (VPL) entre os anos de 2013 e 2014. As emissões de metano por quilo de ganho de peso vivo ( $\text{gCH}_4^{-1} \cdot \text{kgPV}^{-1}$ ) foram 38,18% menores em sistemas intensificados, baseados em pastagens de maior produtividade (URT). Os ganhos sociais puderam ser verificados nos questionários respondidos, de acordo com o conjunto de aspectos que favoreceram o desenvolvimento do trabalhador como ser humano, e de forma ampliada como pessoa, profissional e socialmente. Este incremento foi verificado com uma melhor avaliação do conhecimento do processo ao longo da implantação das boas práticas e da verificação dos benefícios obtidos ao sistema produtivo. Além disto, o incremento nos coeficientes técnicos, destacou um cenário mais favorável, mantendo o produtor na atividade, gerando empregos novos e com a obtenção de melhores retornos econômicos da atividade. A adoção de Boas Práticas Agropecuárias impactou favoravelmente os indicadores ambientais, técnico-econômicos e sociais, em sistemas de produção de pecuária de corte na Amazônia brasileira. Os sistemas de produção integrados e mais intensificados de pecuária de corte no Cerrado e na Amazônia mostraram-se mais eficientes e sustentáveis.

**Palavras-Chave:** bovinos, desempenho animal, gases de efeito estufa, pastagem, ruminantes

## ABSTRACT

The general objective of this work was to study the sustainability indicators of crop production systems in the Cerrado and Amazon Biome. The study carried out in the Cerrado biome involved the evaluation of three different integrated production systems. The variables analyzed as indicators of sustainability were the emission of enteric methane, weight gain and the ratio between enteric methane emission and indicators of dry matter intake and performance of Nelore heifers ( $279 \text{ kg} \pm 21.4$  live weight) in the different systems. The forage used was *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã and arboreal species *Eucalyptus urogrillis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) planted in the north-south orientation, with treatments: ILP1 - forage cultivated with one year of formation under ILP system; ILP6 - forage cultivated with six years of training under a well managed ILP system over the years and; ILPF1 - forage with one year of formation via ILPF, cultivated in eucalyptus understory with spacing between rows of 22 m ( $417 \text{ trees.ha}^{-1}$ ). In addition to the mentioned indicators, the dry mass and the leaf: stem ratio of the pasture were evaluated in dry and rainy seasons. The experimental design was completely randomized in factorial scheme 3 (treatments) for 2 (periods). The evaluations were conducted from April 2013 to May 2014. Heifers raised in ILP6 emitted more methane per kilogram of ingested dry matter and, consequently, presented greater losses of gross energy of the diet in the was of methane (6,15% in the dry and 8.65% in the rainy season). Comparing integrated systems both with first year pasture, the presence of trees (ILPF1) did not provide significant increases in animal weight gain. On the other hand, the weight gain per area ( $\text{kgPV.ha}^{-1}$ ) in the ILP1 system was 54% higher than the others in the dry season and 47% higher than ILPF1 in the waters. Enteric methane emissions were affected by the periods of the year, with higher gross emissions ( $\text{g / day}$  and  $\text{kg / year}$ ) for the rainy season. It was concluded that the integrated systems, based on first-year pasture (with 1 year of training) were more efficient, since they presented lower values for the indicators energy loss of the diet via enteric fermentation ( $Y_m$ ) and emission of  $\text{CH}_4$  per kg of dry matter ingested. The objective of the second study was to evaluate the impact of the implementation of Good Agricultural Practices (GAP) projects on indicators of sustainability of crop production systems in the biome of the Brazilian Amazon. The experiment carried out in the municipality of Alta Floresta - MT started in August 2012. The technical approach of the project was based on Good Agricultural Practices (GAP) and included the evaluation of the impacts resulting from the implementation of administrative and economic management within farms. A selection of six beef cattle farms was carried out where technical and economic data were collected during the years of 2013 and 2014. Diagnoses were carried out through the application of questionnaires addressing the managerial capacity of the producer, level of technical knowledge, adoption of technologies on property, sanitary, reproductive management, food management, types of supplements provided, water conditions, animals and structures and, in sequence, elaborated projects of technical and economic feasibility. In addition, a complementary study was carried out to evaluate enteric methane emissions in the intensified systems, in Technological Reference Units (URT) and in areas of low productivity pasture (SDR). The period of the year had an influence on beef cattle production and on grazing costs in intensified areas. The intensification of production systems coupled with the Good Agricultural Practices (GAP) provided better indicators of efficiency of production systems, when compared to the farm that did not adopt GAPs, as an increase in gross margin per hectare, presenting a value of R \$ 749.39. There was also a 16%

increase in live weight production per hectare, 2.05% in the IRR and R \$ 335.92 in the Net Present Value (NPV) between 2013 and 2014. Methane emissions per kilo of (gCH<sub>4</sub>-1.kgPV-1) were 38.18% lower in intensified systems, based on higher productivity pastures (URT). Social gains could be verified in the questionnaires answered, according to the set of aspects that favored the development of the worker as a human being, and in an expanded way as a person, professionally and socially. This increase was verified with a better evaluation of the knowledge of the process throughout the implementation of good practices and the verification of the benefits obtained to the productive system. In addition, the increase in technical coefficients highlighted a more favorable scenario, maintaining the producer in the activity, generating new jobs and obtaining better economic returns of the activity. The adoption of Good Agricultural Practices favorably impacted the environmental, technical-economic and social indicators in systems of production of beef cattle in the Brazilian Amazon. The integrated and more intensified production systems of beef cattle breeding in the Cerrado and the Amazon have proved to be more efficient and sustainable.

**Index terms:** cattle, greenhouse gases, ruminants, pasture, animal performance

## INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com desmatamento de florestas Brasileiras e abertura de novas áreas é foco de atenção de pesquisas, manchetes e de ações governamentais. Tanto na agricultura quanto na pecuária bovina de corte moderna, uma vertente comum é a busca por modelos mais eficientes de produção pelo fato de que existe uma relação positiva entre a melhor produtividade e a sustentabilidade (Capper e Hayes, 2012).

De acordo com Morrow e Wells (2002) dois fatores são determinantes para se avaliar a sustentabilidade de uma empresa rural: a lucratividade e a utilização dos recursos naturais. No curto prazo, a lucratividade é um fator impactante para a sobrevivência do negócio. Aliado a lucratividade, no longo prazo, deve-se considerar o manejo de recursos naturais, como o solo e a água, visando propiciar a transformação destes recursos em quilograma de peso produzido pelos animais.

A pecuária bovina de corte é usualmente apontada como importante geradora de impactos ambientais. Com o passar dos anos, percebe-se uma evolução positiva na conscientização da necessidade do aprimoramento com foco em sustentabilidade (Amaral et al., 2012).

No relatório do MCT (2014), 22% do total de todos os gases de efeito estufa (GEE) são provenientes de atividades pecuárias. Além da contribuição relacionada a emissões de metano (70% aproximadamente) esse setor é responsável por ocupar extensões de terra significativas (FAO, 2009a; Ripple et al., 2014) quando comparados com área urbanas.

As emissões de metano aumentam a cada ano numa taxa de 0,9% na atmosfera, mas a grande quantidade de gases é representada pelo CO<sub>2</sub> com 60% do total (Gouvello, et al., 2010). A preocupação com o aumento de todas as emissões é de extrema importância, e a pecuária vem ganhando relevância e integrando cada vez mais os inventários nacionais de diversos países, uma vez que o potencial de aquecimento global do metano é 25 vezes maior do que o do CO<sub>2</sub> (IPCC, 2006).

De modo geral, solos sob pastagens bem manejadas podem acumular carbono, já a pastagem degradada afeta negativamente a quantidade de carbono no solo (FAO, 2009a). Além disso, em áreas de pastagem degradadas, obtém-se uma menor eficiência

produtiva (ex: ganho de peso, taxa de lotação). A produção de metano é proporcional à quantidade e inversamente proporcional à qualidade do alimento ingerido (Gouvello et al., 2010). Diante disso, é importante se definir indicadores relacionando emissões de GEE e o produto produzido (Leslie et al., 2008; Machado et al., 2011; Amaral et al., 2012).

A pecuária brasileira, em sua grande maioria, continua aquém de suas reais potencialidades, apresentando sistemas de produção com baixa taxa de lotação ( $< 1 \text{ UA ha}^{-1}$ ) e produtividade ( $< 120 \text{ kg de peso vivo ha}^{-1}$ ). Tais sistemas se expandem de forma horizontal como forma de compensar essa ineficiência (Barbosa et al., 2014). Para uma produção com sustentabilidade, uma das estratégias é a adoção de Boas Práticas Agropecuárias (BPA's) que visam a otimizar o sistema produtivo nos pilares, econômico, ambiental e social, pela utilização de diversas estratégias tecnificadas de manejo e gestão (Valle, 2010). Outra possibilidade para prevenir o crescimento horizontal da agropecuária (abertura de áreas) está associada à adoção de sistemas integrados de cultivo, como a integração lavoura-pecuária (ILP) e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

A ILPF pode ser utilizada com objetivo de maximizar o uso da terra, da infraestrutura e da mão-de-obra, além de diversificar e verticalizar a produção, minimizar custos, diluir os riscos e agregar valores aos produtos agropecuários, por meio dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona à outra. As fazendas que adotam a alternância entre lavoura e pastagem como estratégia de produção podem se beneficiar de uma maior estabilidade na produção de forragem. No período das águas, os pastos são mais produtivos em função de fertilidade do solo deixada como herança pela lavoura. Na seca, os pastos permanecem verdes, gerando ganhos positivos, diferentemente da pecuária tradicional (Zanine et al., 2006; Vilela et al., 2011).

A ILPF é uma tecnologia com que se pode garantir a obtenção de maior quantidade de produtos em uma mesma área. Obtém-se grande potencial para intensificação da produção pecuária, proporcionando ganhos produtivos e econômicos, menores custos unitários e ambientais, ampliação do potencial de produção do sistema para uso de insumos, maior eficiência no uso de fertilizantes, menor demanda por agrotóxicos. Em consequência, constatam-se a redução da intensidade de emissão de gases de efeito estufa por quilo de produto produzido, a ocorrência de doenças e o

desenvolvimento de plantas daninhas (Alvarenga et al., 2007; Vilela et al., 2011; Guimarães Jr. et al, 2012).

Medidas sustentáveis na pecuária são importantes para atender a legislação vigente e conciliar produção e preservação (Oliveira, 2014).

Neste contexto, o objetivo geral desse trabalho é estudar indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de pecuária de corte no Bioma Cerrado e Amazônico.

### **Objetivos Específicos**

**Capítulo 1** – Avaliar o desempenho e a emissão de metano entérico de fêmeas Nelore em diferentes sistemas de produção a pasto no Cerrado;

**Capítulo 2** – Avaliar o impacto da adoção de boas práticas agropecuárias sobre indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção de gado de corte na Amazônia.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Os Desafios da Pecuária Bovina e da Sustentabilidade

Em décadas passadas, a disponibilidade de grandes volumes de terras para cultivo e pastagem ajudou a transformar a agricultura e a pecuária em setores essenciais para a sustentação do crescimento econômico. Na última década, estes dois setores responderam por uma média de 25% do Produto Interno Bruto Brasileiro. A expansão constante exigiu ainda a conversão de mais terras intactas em produtivas, fazendo da mudança do uso da terra fosse a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE) durante vários anos. Contudo, o Brasil conseguiu frear este cenário com a aprovação, pelo governo, de uma série de medidas para proteger as florestas. Apesar de ter sido drasticamente reduzido durante os últimos anos, o desmatamento pode potencialmente continuar sendo uma grande fonte de emissões no futuro, se não prosseguir com ações mitigadoras (Gouvello et al. 2010).

Atualmente, a cadeia da bovinocultura de corte é caracterizada como um segmento do agronegócio brasileiro com elevada concorrência, incertezas e redução das margens de ganho em que os produtores estão inseridos. Desta forma, a gerência na propriedade deve se concentrar em produtividade em escala com adoção de tecnologia; custo unitário de produção menor que o preço unitário de venda; maior lucro e maior rentabilidade ao ano; agregar valor com aumento do preço de venda unitário; análise e controle do risco (Barbosa et al., 2012).

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, com mais 212 milhões de cabeças (IBGE, 2015), ocupa a primeira posição em rebanho comercial e está entre os três maiores (Brasil, Austrália e Estados Unidos) exportadores de carne bovina (volume). Apesar destes resultados, ainda possui taxas e indicadores produtivos (abate e produção de bezerros, por exemplo) abaixo destes concorrentes (Anualpec, 2014).

Porém, mesmo com este cenário, o Brasil tem condições de manter sua hegemonia na exportação de carne bovina (Soares Filho et al., 2015). Apesar de ainda existir possibilidades de expansão horizontal, isto é, crescimento a partir de terras não exploradas, a principal vantagem é a possibilidade de expansão vertical, pelo

incremento da produção (melhora em indicadores: nas taxas de natalidade, desmama, abate e precocidade dos animais). Nesse sentido, a recuperação de áreas de pastagens que se encontram em processo de degradação ou degradadas, deve ser cada vez mais prioritária, uma vez que novas restrições ambientais devem reduzir as possibilidades de expansão de áreas para a atividade pecuária (Reis et al., 2012). Somado a isso, a superação de desafios importantes relacionados à segurança alimentar, sanitária e certificação de processos de qualidade e de origem (rastreabilidade) do rebanho serão fundamentais para garantir a sustentabilidade da atividade pecuária bovina no país.

De acordo com McManus et al. (2016), o centro da produção bovina de corte Brasileira, mudou do estado de Minas Gerais, expandindo para o Norte do estado de Goiás, Centro-Oeste do Brasil. Em anos recentes, um crescimento acelerado foi observado especialmente na região Norte do Brasil, com redução no Sul e Sudeste em quantidade de rebanho. Estas mudanças se deram especialmente a partir do ano 2000. Os autores explicam que, pela necessidade de expansão da agricultura, pela abertura de diversos mercados consumidores, a exemplo o dos Estados Unidos, e a oferta de áreas de menores custos, ou seja, com potencial de crescimento horizontal, estas mudanças começaram a ocorrer. Além disto, a pecuária será sempre deslocada geograficamente quando existirem atividades com maiores retornos econômicos, o que se verifica atualmente para o norte do Brasil. Porém, a partir dos anos 90, foi verificada uma diminuição no crescimento do rebanho e uma melhoria dos indicadores produtivos.

Adicionalmente, o aumento populacional, aliado a mudanças de preferências alimentares e no aumento da demanda de carne bovina pelo mercado externo e interno, exigirão uma melhoria na produtividade da terra da pecuária nacional. Estas mudanças se dão em comum acordo com as mudanças climáticas e a escassez de recursos e de novas áreas, portanto, a adoção de tecnologias será fundamental para atender a estas demandas e para tornar a pecuária de corte mais sustentável e atraente em seus três pilares: econômico, ambiental e social (Martha Jr. et al., 2007; Silva et al., 2016).

Segundo Deconto (2008), estudos indicam que um aumento de temperatura da ordem de 3°C pode causar a perda de até 25% da capacidade de suporte das pastagens para bovinos de corte, o que equivale a um aumento de custo de produção de 20% a 45%, e que essa perda de área deve ocorrer, principalmente, por causa do aumento de 30 a 50 dias do período sazonal de seca nas áreas hoje aptas para pastagens. Estes fatores reforçam a necessidade pela busca de sistemas mais eficientes e adaptados ao novo

cenário climático mundial. Estima-se que já exista um decréscimo na produtividade bovina, devido ao aumento da temperatura (Naas et al. 2010). A recuperação de áreas de baixa produtividade pode representar importante dreno de CO<sub>2</sub> por meio do aumento dos estoques de carbono na matéria orgânica do solo e do crescimento radicular das pastagens, uma vez que pastagens produtivas tendem a apresentar níveis mais elevados de carbono (C) no solo (Almeida e Medeiros, 2013; Eisler et al., 2014).

Em estudos realizados por Broch (2000) e Kichel (2001), a pastagem é considerada degradada quando ela produz menos de 40% do recomendado para a cultivar em condições ideais de fertilidade do solo, de manejo e de precipitação pluviométrica. Os autores diferenciaram a pastagem degradada do solo degradado quando ele apresenta alta acidez, baixa fertilidade e superfície erodida por um ou mais processos de erosão, gerando consequências para se ter a redução produtiva citada no cenário da pastagem.

A melhoria tecnológica do sistema tradicional possibilita obter-se sustentabilidade e retornos econômicos maiores com a atividade pecuária bovina, conforme demonstrado por Euclides et al. (2007). A adubação de pastagem de capim-tanzânia com 100 kg.ha.ano<sup>-1</sup> de nitrogênio, comparada com a adubação de 50 kg.ha.ano<sup>-1</sup> de nitrogênio aumentou a capacidade de suporte em número de cabeças por hectare (0,43 cab.ha<sup>-1</sup>) e a produção adicional de peso vivo de 130,39 kg.ha<sup>-1</sup> ao ano, resultando em benefício líquido de R\$92,43 ha<sup>-1</sup> ao final do ano.

É consenso que, apenas com a recuperação das pastagens degradadas e melhor manejo das pastagens, a produção brasileira por área pode duplicar (Almeida e Medeiros, 2013). E, embora a intensificação sustentável dos sistemas produtivos seja bem discutida quanto ao uso mais eficiente dos recursos, ainda é limitada quanto das compensações ambientais e econômicas que podem surgir ao implementar estas medidas de uma forma global (Silva et al., 2016). Nesse contexto, a busca por sistemas de produção mais eficientes, que emitam menos metano, ou carbono equivalente e que mantenham e/ou incrementem a produtividade de alimentos para a população é de suma importância para a sustentabilidade, seja em pequena ou larga escala (Cerri et al., 2007; Eisler et al., 2014).

No trabalho de Silva et al. (2016), realizado no cerrado Brasileiro, os autores verificaram que menores demandas de carne bovina tendem a reduzir a produção. Isso ocorre, porque nesse cenário, o produtor reduziria investimentos no sistema de

produção, tendo como consequência a perda de matéria orgânica e de estoques de carbono do solo, decorrentes da crescente perda de produtividade das pastagens. Em contrapartida, os autores encontraram que maiores demandas de carne bovina, combinadas com políticas de controle de desmatamento, tendem a favorecer sistemas de produção de pecuária de corte, uma vez que combinadas, estas medidas incentivariam o produtor a investir no aumento da produtividade das pastagens, tendo como consequências a verticalização e maior eficiência no sistema produtivo, aliadas a aumentos significativos na captação de carbono no solo. Portanto, o incremento em produtividade de pastagens é uma estratégia fundamental para o aumento na produção de carne. Além disso, pastagens produtivas acumulam carbono no solo, auxiliando na redução das emissões de gases de efeito estufa (Silva et al. 2016).

### **Emissões de Gases de Efeito Estufa pela agropecuária brasileira**

No ano de 2005, o Cenário de Referência trabalhado por Gouvello et al. (2010) em um estudo sobre o uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas, demonstrou que o desmatamento seria o principal impulsionador das futuras emissões de GEE no Brasil, de acordo com projeções até 2030. Na época do estudo, apesar do significativo declínio verificado nos anos de 2006-2010, o desmatamento continuava a ser a maior fonte das emissões de carbono, representando aproximadamente dois quintos das emissões nacionais brutas em 2008. Os autores ainda mencionam que o desmatamento contribuiu para reduzir o estoque de carbono brasileiro em aproximadamente 6 bilhões de toneladas métricas, mas a expectativa é que as emissões oriundas do desmatamento sejam estabilizadas a uma taxa anual de aproximadamente 400–500 MtCO<sub>2</sub>.

Ainda em 2005, as emissões de CO<sub>2</sub> foram de 1.638 Tg (1012 g = um milhão de toneladas), com destaque para o Setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas, responsável por 77% das emissões, seguido pelo Setor de Energia, com 19% de participação no total. As emissões de CH<sub>4</sub> foram estimadas em 18,1 Tg, dos quais mais de 70% correspondentes ao Setor de Agropecuária, seguido pelo Setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas, com 17%, e pelas emissões do Setor de Tratamento de Resíduos, com 10%. Os dois subsetores mais importantes foram a fermentação entérica da pecuária, com 63% (61% referentes à bovinocultura) e conversão de florestas para outros usos no bioma Amazônia, com 12%. As emissões de N<sub>2</sub>O foram estimadas em

546 Gg, sendo a Agropecuária responsável por 87% das emissões totais, dos quais as emissões provenientes de solos agrícolas participaram com 84%, incluindo, entre outras, as emissões de animais em pastagem, que representam 40% do total (Gouvello et al., 2010).

Partindo destas afirmativas, o panorama geral das emissões de gases de efeito estufa pelo setor de Agropecuária de acordo com estudo mais recente do MCT (2014) demonstra que, em 2007, foi possível observar uma ligeira diminuição das emissões gerais do setor de agropecuária devido a uma queda significativa no número de bovinos, com uma recuperação gradual nos anos subsequentes até uma ligeira redução novamente em 2011 para 2012. Os autores extrapolam as estimativas, com os dados apresentados no Decreto nº 7.390/2010 até 2020 com os dados de *input* base os do ano de 2005 e chegam à resposta de que o setor, em 2012, emitiu 9% a menos.

Analisando como referência a produtividade de 47,22 kg de equivalente carcaça por hectare (e-carcaça/há) em 2008 e incrementando para 63,51 e 95,42 kg e-carcaça/ha em 2030, respectivamente para Cenários de Referência e de Baixo Carbono, de acordo com Gouvello et al. (2010), permitirá uma redução de 69,239 milhões de hectares de pastagem. Aliado a isto, em decorrência do crescimento expressivo da produção de carne projetado para este período, haveria um aumento das emissões diretas pelo setor. Entretanto há expressiva redução das emissões diretas no Cenário de Baixo Carbono, que induzem a uma menor emissão por unidade de produto.

As emissões para o setor que o MCT (2014) chama de Uso da terra e Florestas foi possível se observar importantes reduções de desmatamento, onde, de acordo com o Decreto nº 7.390/2010 que estabelecia uma redução de 80% do desmatamento do bioma Amazônia em relação à média verificada entre 1996 e 2005 e de 40% do desmatamento do bioma Cerrado em relação à média entre os anos de 1999 a 2008. Essas reduções foram aplicadas sobre as projeções de emissões para 2020 nos dois biomas, compondo-se uma redução geral de 63,2%. No geral do setor, em 2012 foi possível verificar uma redução de emissão de 87%. De acordo com o relatório avalia-se positivamente a implementação de ações de mitigação para os diferentes setores. Todavia, não recomenda a diminuição das ações, justamente por existirem incertezas quanto destas simulações e para cada um dos sub-setores existentes.

Entre 1970 e 2007, a Amazônia perdeu em torno de 18% da sua cobertura florestal original; ao longo dos últimos 15 anos, o Cerrado perdeu 20% da sua área

original, enquanto que a Mata Atlântica, que já havia sofrido intenso desmatamento anteriormente, perdeu 8%. Serão necessários aproximadamente 17 milhões de hectares adicionais de terras para poder acomodar a expansão de todas as atividades durante o período de 2006 a 2030, caso nada seja feito. Portanto, para reduzir drasticamente o desmatamento, Gouvello et al. (2010) propuseram duas estratégias gerais, de eliminar as causas estruturais do desmatamento e de proteger a floresta contra tentativas ilegais de derrubadas. A eliminação das causas estruturais do desmatamento exigiria um aumento dramático da produtividade por hectare, onde estrategicamente podemos citar o aumento da produtividade da pecuária. Este incremento produtivo poderia liberar enormes áreas de pastagem, sendo tecnicamente, uma opção possível, uma vez que a produtividade atual é baixa e o emprego de sistemas mais intensivos de produção poderia desencadear retornos econômicos superiores e ganhos líquidos para a economia do setor (expansão de confinamentos de bovinos e de integração lavoura-pecuária). O potencial representado pela recuperação de áreas degradadas de pastagem seria suficiente para acomodar o mais ambicioso dos cenários de crescimento estudados pelos pesquisadores.

No Brasil, o setor da agropecuária é uma das fontes antropogênicas de expressiva contribuição nas emissões de gases de efeito estufa, sendo estimado pelo relatório de estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil pelo MCT (2014), como 32% de todo CO<sub>2</sub>-equivalente para o ano de 2012.

A população mundial de bovinos de corte era estimada em aproximados 1,4 bilhões de animais em 2010, sendo 25% do total na América Latina. Somados, países como Índia e Brasil representaram aproximados 30% da população mundial de bovinos (FAO, 2015). A emissão de metano é o fator que mais influencia a pegada de carbono da bovinocultura (Desjardins, et al., 2012).

O primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (MCT, 2006) mencionava que somente as emissões anuais referentes à fermentação entérica representaram 92% do total de emissões de metano do setor agropecuário. Em 1994, a categoria de bovinos de corte foi responsável por 81% das emissões de metano provenientes da pecuária no Brasil, sendo que a categoria de gado de leite contribuiu com 13%. Já nos resultados apresentados pelo MCT (2014), as parcelas de contribuição das diferentes fontes do setor para as emissões de CH<sub>4</sub> no ano de 2012, sendo a fermentação entérica do gado de corte a principal fonte, responsável por 75% das

emissões, seguida da fermentação entérica do gado de leite com 12%. As contribuições restantes, da fermentação entérica de outros animais, do manejo de dejetos de animais, da queima de resíduos agrícolas da cana-de-açúcar e do cultivo de arroz totalizam 13% das emissões.

As principais emissões de CH<sub>4</sub> do setor da agropecuária são devido à fermentação entérica do gado bovino. Sabe-se ainda que, devido ao volume produzido, a pecuária bovina é uma das fontes de contribuição para aumento dos GEE. Especificamente o Metano (CH<sub>4</sub>) tem potencial para ser mais nocivo do que o CO<sub>2</sub> em até 25 vezes. A fermentação entérica foi responsável por 55,90% das emissões do setor da Agropecuária no ano de 2012, seguido por 35,90% pela utilização dos solos agrícolas, 4,80% pelo manejo de dejetos de animais, 1,9% pela cultura do arroz e 1,5% pela queima de Cana e produção de Algodão (MCT, 2014).

Portanto, o governo brasileiro, após o COP 21 em Paris no ano de 2015, apresentou uma *Intended Nationally Determined Contributions* (iNDC), ou contribuições pretendidas para o setor agropecuário, com o objetivo de redução de gases de efeito estufa (GEE) em 43% até 2030, e fortalecimento do programa de agricultura de baixo carbono (ABC) como um dos pilares da sustentabilidade. Uma das metas é a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradados, e também, a incorporação de 5 milhões de hectares de sistemas de integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (MMA, 2016).

### **Emissões de Metano Entérico**

Os principais gases de efeito estufa associados à atividade pecuária são o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (IPCC, 2006). As emissões de CO<sub>2</sub> pela respiração animal geralmente é ignorada, baseada no pressuposto que este carbono derivou-se da fotossíntese e, portanto, representa apenas um retorno à atmosfera. Entretanto, o CH<sub>4</sub> produzido pela fermentação entérica e do esterco, e o N<sub>2</sub>O liberado pela nitrificação/desnitrificação do nitrogênio excretado, representam fontes de emissão líquida (Gouvello et al., 2010).

É sabido que a fermentação anaeróbica produz  $\text{CH}_4$ , processo necessário para a eliminação do excesso de hidrogênio, na ausência de oxigênio (Van Soest, 1994). Do processo de fermentação ruminal obtêm-se os ácidos graxos voláteis, como ácido acético, propiônico e butírico, principais fontes de energia para os ruminantes (Berchielli et al., 2011). Neste processo, ocorre também a produção de  $\text{CH}_4$ , que pode representar até 14% do total da energia digestível consumida por bovinos da raça Nelore (Demarchi et al., 2003). A degradação da fibra no rúmen por bactérias celulolíticas produz acetato e íon H. O  $\text{H}_2$  quando em excesso no rúmen é eliminado pelas bactérias metanogênicas, principalmente as do gênero *Archae* (Baker, 1999), por meio de uma redução do  $\text{CO}_2$ , tendo como subproduto o  $\text{CH}_4$  (Kozloski, 2002). Assim, o hidrogênio é proveniente de bactérias não-metanogênicas que possuem ligações hidrogenase em suas membranas capazes de produzir  $\text{H}_2$  a partir de carreadores de elétrons reduzido, como NADH (Russel, 2002). As reações de redução de  $\text{CO}_2$  são acopladas ao fornecimento de elétrons pelo  $\text{H}_2$ . Os organismos metanogênicos, ao utilizarem o  $\text{H}_2$  presente no meio, são fundamentais para regeneração de co-fatores, como  $\text{NAD}^+$  e  $\text{NADP}^+$ . Consequentemente, são fundamentais para a manutenção de todo o conjunto de processos fermentativos no rúmen. Isso se explica, pois a oxidação de nucleotídeos dessa classe por hidrogenases não é termodinamicamente favorável (Cheng et al. 1991), ao passo que, exatamente porque metanogênicos produzem  $\text{CH}_4$ , a pressão parcial de  $\text{H}_2$  é mantida baixa a ponto de permitir a ação das hidrogenases.

A produção de metano por bovinos é conhecida por metanogênese. Um subproduto da fermentação ruminal. Sua importância é que, ao ser produzido, viabiliza o funcionamento do rúmen por servir como uma forma de “dreno” de hidrogênio produzido. (Johnson e Johnson, 1995).

A Produção de  $\text{CH}_4$  pode ser influenciada pela quantidade de carboidrato da dieta que é fermentada pelo retículo-rúmen e por mecanismos que regulam a disponibilidade de  $\text{H}_2$  e consequentemente a produção de  $\text{CH}_4$  principalmente pela relação acetato:propionato (Johnson & Johnson 1995). Quanto maior a proporção de propionato, menor a produção de  $\text{CH}_4$ , pois a produção deste ocorre por via diferente, na qual não há produção de  $\text{H}_2$ , que é precursor da emissão de metano.

A produção de  $\text{CH}_4$  nos ruminantes é influenciada por fatores nutricionais, relacionados a quantidade e tipo de carboidratos na dieta, nível de ingestão de alimento, presença de ionóforos ou lipídios (McAllister et al., 1996). Além dos nutricionais,

fatores metabólicos, taxa de passagem da digesta, fatores ambientais ligados à temperatura, manejo dos animais, além de estado fisiológico, tamanho corporal e principalmente a população de microrganismos ruminais também influenciam a produção de metano (Primavesi et al.; 2004). A produção de CH<sub>4</sub>, além dos problemas com o aquecimento global, constitui um desperdício energético, reduzindo a eficiência no aproveitamento energético pelos animais. A intensidade de emissão de CH<sub>4</sub> diminui à medida que o animal se torna mais produtivo (O'Hara et al., 2003).

De acordo com diversos autores, como Hook et al. (2010), Martin et al. (2010), Attwood et al. (2011), Buddle et al. (2011) e Wright e Klieve (2011), a variabilidade nas emissões entéricas de metano por ruminantes deve-se ao tamanho do animal, à eficiência alimentar inerente a cada indivíduo, às possíveis diferenças na flora ruminal, à digestibilidade da dieta, ao tamanho de partículas, à composição química da dieta e, principalmente, à quantidade e à qualidade do alimento consumido. Óleos e gorduras também reduzem substancialmente a produção de metano. Assim, estratégias podem ajudar a mitigar a emissão de metano, como mudanças na composição da dieta e na relação entre concentrado volumoso, além de inclusão de lipídios na dieta, de uso de aditivos, bem como uso de probióticos.

Alternativas citadas na literatura apresentam várias possibilidades para a redução das emissões de gases pela pecuária, como a redução do rebanho, mantendo o mesmo nível de produtividade; a melhoria da qualidade da dieta, com aumento de suplementação com concentrado; o aumento de proteína na dieta, uso de aditivos com antimicrobianos, glicerol, tanino, saponinas, óleos, gorduras, técnicas de manejo de pastagens, melhoramento genético e sistemas eficientes de produção e de balanceamento da dieta (Clark et al., 2001, O'Hara, 2003; Mohammed et al., 2004; Lascano e Cardenas, 2010).

A melhoria da dieta de bovinos, por meio da alimentação com forrageiras de alta qualidade, pode resultar em melhores desempenhos animais e na redução de emissão de CH<sub>4</sub> por unidade de consumo de matéria seca ingerida ou por produto produzido (Cottle et al., 2011).

São vários os métodos utilizados para quantificar as emissões de metano. O método que utiliza câmara respirométrica é considerado o padrão internacional. Trata-se de método acurado e bem estabelecido, porém de custo elevado e passível de causar

estresse aos animais. Além disto, limita o número de animais analisados e pode não representar adequadamente as condições naturais (Johnson et al., 1994).

Para animais criados a pasto, que representam a maioria do encontrado no Brasil, um dos métodos mais indicados é o do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) (Machado, et al. 2011), em função do custo quando comparado com o método *Greenfeed*. Existe uma grande discussão quanto a erros provenientes da técnica original proposta por Johnson et al. (1994) e quanto aos elevados coeficientes de variação nos resultados (Deighton et al., 2014; Moate et al. 2015). Além disto, o método não leva em conta que as emissões tanto de SF<sub>6</sub> quanto de CH<sub>4</sub> variam ao longo do dia. Porém, quando utilizado por 24 horas, os resultados se equipararam aos resultados encontrados em câmaras respirométicas (Deighton et al., 2014).

No Brasil, estudos realizados para a mensuração da emissão de metano por bovinos de corte (Dermachi et al, 2003) da raça Nelore, em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, encontraram valor médio de 51,79 kg.cabeça.ano<sup>-1</sup>.

Kurihara et al. (1999) registraram emissões de metano por animais Brahman, alimentados a pasto e com dietas de alto concentrado de 257 g.animal.dia<sup>-1</sup> e 160 g.animal.dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Os autores ainda encontraram uma emissão em gramas de metano por quilograma de peso produzido maior para as pastagens quando comparadas à dieta de alto concentrado, 500,4 e 127,3 gCH<sub>4</sub>/kgPV, respectivamente.

No trabalho de Esteves et al. (2010), bovinos de corte das raças Nelore e cruzado Nelore x Angus; Nelore x Canchim; Canchim e cruzados (Nelore x Canchim e Angus), em sistema de integração lavoura-pecuária e terminados em confinamento na Embrapa Pecuária Sudeste foram avaliados quanto à emissão de metano entérico. Os autores demonstraram que a emissão de metano por quilograma de ganho de peso vivo (PV) foi maior para os animais a pasto (276 g CH<sub>4</sub>/kg ganho PV) e 56,5% menor para os animais confinados (120 g CH<sub>4</sub>/kg ganho PV), que também apresentaram maior ganho de peso vivo. Concluíram que a ILP proporcionou aumento na produção de carne, com ganhos em peso vivo total de 3.723, 7.854 e 6.221 kg e produtividade de 177, 374 e 296 kg de peso vivo/ha, para os anos de 2006, 2007 e 2008, respectivamente. Estes dados demonstram que a utilização de animais com maior potencial genético para ganho de peso tanto a pasto como em confinamento, aliado a um sistema intensificado de produção (semi-intensivo, intensivo ou ILPF), pode ser mais eficiente (Esteves et al., 2010).

Barioni et al. (2007) simularam a produção de carne bovina e as emissões de metano, no período de 2008 a 2025, em função da melhoria de alguns indicadores zootécnicos, como taxa de natalidade (de 55% a 68%), taxas de mortalidade (de 7% para 4,5%) e idade de abate (de 36 meses para 28 meses). Além disso, consideraram um aumento constante na demanda de carne bovina externa de 2% e na interna de 1% ao ano no período. Os autores estimaram que em 2025, a produção de bovinos seria 25% maior, entretanto, as emissões de metano por ano seriam pouco afetadas (apenas 2,9% maiores). Além disso, mesmo com o aumento no número de animais, os autores estimaram uma redução de 18% na emissão de metano por quilo de equivalente carcaça produzida, o que representaria um incremento de eficiência considerável para o cenário atual da pecuária Brasileira, corroborando com Silva, et al., 2016.

### **Sistemas de produção sustentáveis**

As mudanças que ocorrerão no padrão da produção agrícola e pecuária nas próximas décadas serão decisivas e estratégicas para atender às demandas inerentes ao aumento da população global combinada com a mudança de preferências alimentares nos países emergentes. Acredita-se que haverá um significativo aumento da demanda por produtos animais, o que deverá duplicar até 2050. (FAO, 2009b; Tilman et al., 2011).

Após a aprovação do novo Código Florestal (Lei 12.651) em maio de 2012, a preocupação com desmatamento e abertura de novas áreas tornou-se ainda maior. Diante deste cenário, tanto na agricultura quanto na pecuária bovina de corte moderna, a busca por modelos mais eficientes de produção de bovinos é uma vertente e esse aumento na eficiência está intimamente ligado à produção sustentável. Por isso, a pecuária necessita produzir mais comida utilizando menos custos. Uma relação positiva existe entre melhor produtividade e sustentabilidade ambiental e econômica. (Capper & Hayes, 2012)

Pode-se definir a sustentabilidade como a capacidade de se sustentar, sendo assim, uma exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável não se esgotará nunca. O conceito de agricultura sustentável intensificada é “obter mais retornos de uma mesma área enquanto reduzir os impactos ambientais negativos, e ao mesmo tempo, contribuir com a natureza” (Mikhailova, 2004; Godfray, et al., 2010).

Portanto, Barbosa e Souza (2007) relataram que várias pesquisas demonstraram que o aumento da produtividade é um dos caminhos para modelos mais sustentáveis da pecuária bovina, com a utilização de tecnologias como suplementação nutricional estratégica, adubação de pastagens, manejo e/ou irrigação de pastagens, integração lavoura, pecuária e florestas, melhoramento genético animal, controle sanitário, entre outros.

Aliado a uma baixa produtividade no setor agropecuário, a degradação de áreas de pastagens é um dos grandes objetos de estudos a vários anos. Segundo Bernardi et al. (2009), o custo para formação e reforma de pasto é elevado e, por isso, encontrar estratégias que possam reduzir esses custos são de grande valia.

De acordo com o estudo de Assad et al., (2015), o rebanho bovino é a principal fonte de emissões, com os estados com a maior área de pasto degradado liderando o ranking de cada região. Minas Gerais foi o principal emissor do Sudeste e do Brasil, com 194 milhões de tCO<sub>2</sub> eq. acumulados. Em seguida, vêm Mato Grosso do Sul (103 milhões de tCO<sub>2</sub> eq.), Pará (73 milhões de tCO<sub>2</sub> eq.), Mato Grosso (71 milhões de tCO<sub>2</sub> eq.) e Bahia (50 milhões de tCO<sub>2</sub> eq.). Os estados da região Sul contribuem pouco para as emissões por terem pouco pasto com a caracterização de degradado.

A tendência, portanto, é de se mitigar as emissões de gases de efeito estufa, o que é correlacionada com a necessidade de aumento da eficiência zootécnica nos sistemas de produção, atrelado a melhores manejos nutricionais aos animais. O desenvolvimento de estratégias que sejam viáveis tanto em seu aspecto de aplicação, como em função de custos ao produtor, são objetos de estudo atuais em diversas pesquisas (Pereira, et al., 2015).

Algumas mudanças vêm ocorrendo no sistema produtivo de bovinocultura de corte, principalmente quanto a migração para sistemas mais intensivos de produção de carne. A combinação da forragem melhorada e dos animais, associada ao aumento de produtividade, resultaria, de acordo com projeções, na redução das emissões diretas brasileiras causadas pelos animais de 272 para 240 MtCO<sub>2</sub> até 2030, ou seja, próximas aos níveis do ano de 2008 (Gouvello et al., 2010).

A degradação das pastagens é um dos principais fatores que comprometem a sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras e objeto de estudo para melhoria sistêmica (Balbino et al., 2011). Além disso, em conjunto com um inadequado manejo animal, com uma baixa reposição de nutrientes no solo, com compactação dos

solos e os baixos investimentos tecnológicos nos sistemas produtivos, uma das principais causas da baixa competitividade e ineficiência no retorno econômico dos sistemas de produção animal, quando comparados aos demais sistemas agrícolas (Cota, 2013). A ausência de adubação de manutenção e o excesso na lotação animal, sem os ajustes necessários para uma adequada capacidade de suporte, são aceleradores do processo de degradação (Macedo, 2009).

Um fator importante, por exemplo, é a eficiência de pastejo, que traduz a proporção de forragem acumulada que é consumida pelo animal e pode ser afetada por diversos fatores da planta (espécie, maturidade, estrutura, etc.) e do animal (raça, categoria, peso, etc.), porém o manejo de pastejo (taxa de lotação, oferta de forragem, método de pastejo), assume um caráter de destaque (Martha Jr. et al., 2007). Os autores mencionaram sobre a eficiência na utilização de fertilizantes, onde, a adubação deve promover o aumento da produção de forragem para melhorias nas taxas de lotação, mas em equilíbrio com a oferta de forragem. Esta eficiência deve ser considerada analisando as eficiências de pastejo e da conversão da forragem em produto animal para se responder a eficiência global desta aplicação de fertilizantes na produção animal. A eficiência de conversão do N-fertilizante em forragem, em pastagens tropicais, na amplitude média encontra-se os valores de 15 a 45 kg MS/kg N aplicado (Martha Jr. et al. 2007). No caso do fósforo, a média é de 21 kg MS/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado (Souza et al., 2004).

De acordo com o estudo Assmann et al. (2004), onde o acúmulo diário de matéria seca (MS), a produção de MS, a carga animal e o ganho de peso vivo por hectare foram influenciados positivamente pelo incremento das doses de nitrogênio aplicado em pastagens. A carga animal variou de 1.405 kg.ha<sup>-1</sup>, para o tratamento com 0 de nitrogênio aplicado, para 1.588, 1623 e 1878 kg.ha<sup>-1</sup> para os tratamentos 100, 200 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup>, com incrementos no ganho de peso vivo por hectare de 480 kg para 495, 501 e 656 kg.ha<sup>-1</sup>, para os respectivos tratamentos. A elevação das doses de nitrogênio aumentaram de forma linear crescente o acúmulo e a produção de matéria seca da pastagem, gerando assim uma justificativa em se adubar quando se buscam incrementos na eficiência do sistema. Os resultados para acúmulo variaram, para as respectivas doses em 32,7, 37,1, 45,4 e 57,6 kg MS.ha<sup>-1</sup>, com uma produção total para cada dose de 4.296, 4.706, 5.276 e 6.505 kg MS.ha<sup>-1</sup>.

Deve-se atentar ao fato de que com a introdução de qualquer tecnologia decorre um aumento dos custos operacionais variáveis necessitando de aportes de investimentos. Em contrapartida o aumento da produção e da eficiência tende a diluir os custos operacionais fixos (depreciações e despesas fixas) fazendo com que o custo operacional total unitário seja menor, gerando uma sustentabilidade técnico-econômica ao sistema produtivo. Esses resultados serão melhores ou piores em função da região (preços de insumos, terra e de arropa) e escala de produção ou tamanho da propriedade. As taxas de rentabilidades mais baixas, normalmente, são de fazendas em regiões com preços de terras mais elevadas, e as taxas mais elevadas de rentabilidade são de fazendas localizadas em terras mais baratas. Essas taxas também variam em função do sistema de produção, local, escala e nível de intensificação (Barbosa et al. 2014).

A adoção das Boas Práticas Agropecuárias (BPA), conforme o conceito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), é uma das estratégias pela busca da sustentabilidade dos sistemas produtivos e de toda a cadeia agroindustrial, e refere-se à utilização e a implementação de procedimentos adequados em todas as etapas da obtenção, produção, processamento, armazenamento, transporte e distribuição de matérias-primas, insumos e produtos agroalimentares. Isso vai desde o princípio de qualquer atividade e engloba todas as etapas e demais elos das cadeias e sistemas de produção de alimentos e animais, com o objetivo principal de fomentar as atividades agropecuárias e promover a saúde e o bem-estar humano e animal (Valle, 2010; Marcuzzo, 2015).

Para aplicação de Boas Práticas Agropecuárias é fundamental que seja precedido de um planejamento atento, de forma a evitar acidentes, perda de tempo e estresse para as pessoas e animais envolvidos na sua realização, que são situações que ameaçam a produtividade e o bem-estar na fazenda (Marcuzzo, 2015).

O objetivo das Boas Práticas Agropecuárias é promover o aumento da sustentabilidade (entendida de forma ampla) dos sistemas produtivos. Como consequência, espera-se o aumento da competitividade da atividade. A adesão ao programa é voluntária, sendo possível a obtenção de um laudo de implantação. (Valle, 2010). De acordo com Andrade et al. (2015), a maioria dos fazendeiros não sabe como aplicar as Boas Práticas Agropecuárias, porém com apoio técnico eles podem obter melhorias produtivas, sociais, ambientais e melhores indicadores econômicos em seu sistema de produção.

Uma parte do conceito das Boas Práticas Agropecuárias, visando justamente estas melhorias citadas por Andrade et al. (2015) é a utilização da ferramenta da integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF). A ILPF é um agroecossistema que maximiza a produção gera emprego e, ao mesmo tempo, conserva os recursos naturais, porque integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, numa mesma área, a partir da sincronização de suas etapas produtivas, que se retroalimentam. Como consequências, percebe-se aumento da taxa de lotação animal, melhoria na fertilidade e produtividade do solo, otimização do uso de maquinário e mão de obras, diversificação das fontes de renda e diminuição da erosão, proporcionando assim um menor assoreamento dos mananciais hídricos, dentre outros. Neste sentido, quatro tipos de sistemas de produção, cujos componentes podem ou não estar presentes ao mesmo tempo, são englobados na iLPF: integração lavoura-pecuária, integração pecuária-floresta, integração lavoura-floresta e integração lavoura-pecuária-floresta. Cada modalidade é definida em função de seu aspecto socioeconômico e ambiental nos diferentes sistemas (Leonel, 2007; Rangel et al., 2010).

No trabalho de Barcellos et al. (1999), resultados positivos já eram obtidos quando os animais que apresentaram maiores ganhos de peso ( $P < 0,01$ ) foram recriados em pastagens estabelecidas e consorciadas com milho, arroz ou que receberam adubação. Consequentemente, foram possíveis maior ganho por animal e aumento das taxas de lotação, que possibilitaram produtividades de 19 a 22@/ha. Resultados superiores à pastagem em processo de degradação (3,4@/ha/ano).

No estudo de Lazzarotto et al. (2009), no Paraná, verificou-se que as margens líquidas na integração lavoura-pecuária (iLP) superaram sistemas exclusivos de produção vegetal (PV) e sistemas de pecuária de corte (PC) somente, em R\$ 36,70 e R\$ 51,10 por hectare, respectivamente. O custo produtivo da integração obteve um resultado intermediário quando comparados os 3 sistemas (PV, iLP e PC). Esses dados foram simulados, pensando-se em produtividades constantes, para efeito de cálculo. Quando os autores simularam ensaios para produtividades variáveis, pensando em atender as variações inerentes aos sistemas produtivos, as rendas líquidas foram R\$ 37,82 e R\$46,64 por hectare superiores a PV e PC, respectivamente, ou seja, a integração serviu para a diluição de risco. Para tanto, os autores observaram que a chance de o empreendimento apresentar resultado negativo foi de 52% para lavouras de

grãos (PV), de 39% para pecuária de corte (PC) e de 26% para integração lavoura-pecuária (iLP), justificando o uso da tecnologia da integração.

Bernardi et al. (2009) avaliaram a viabilidade técnica e econômica da reforma de pastagem de braquiária num sistema ILP com plantio de milho e sorgo consorciados aos capins *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Piatã, para engorda e terminação de novilhos de 2005 a 2008, onde, no primeiro ano utilizou-se milho e, nos anos seguintes, sorgo para a integração com a pastagem. Os animais utilizados no primeiro ano foram Nelore e Nelore cruzado com gado europeu. No segundo ano, Canchim com aproximadamente 24 meses e no terceiro ano, garrotes sobreano da raça Canchim. Os animais recriados foram terminados em confinamento até atingirem o peso de abate. Observou-se aumento considerável na taxa de lotação da área de pastagens, que passou de 0,64 para 2,4 UA/ha. Esse ganho observado foi significativo quando comparado à média das pastagens brasileiras no ano de 2006, 3 anos antes do estudo realizado, em torno de 1,08 UA/ha (IBGE, 2009). Durante o período da seca, (julho a agosto), a pastagem renovada possibilitou ganhos de 0,390; 0,400 e 0,800 kg/cab/dia e lotação animal de 2,0, 1,3 e 1,4 UA/ha, respectivamente para os anos 1, 2 e 3. No confinamento, os animais atingiram peso de abate antes de completarem 30 meses e o sistema adotado (pasto renovado e confinamento) possibilitou produtividades de 3.555 kg, 5.621 kg e 4.340 kg de peso vivo acumulado nos anos 1, 2 e 3, respectivamente. A análise econômica considerou as receitas e os custos do sistema integrado lavoura-pecuária tanto para a produção de silagem e renovação da pastagem como para a aquisição e venda dos animais. Os autores observaram que o empreendimento apresentou margem bruta de R\$ 251,82/ha no primeiro ano e alcançou o valor máximo no terceiro ano de R\$923,41. Ao longo dos anos, a margem líquida também aumentou substancialmente, passando de R\$ 4.227,20/ano no primeiro ano para R\$ R\$18.126,90/ano no terceiro ano. Concluiu-se que houve viabilidade técnica e econômica na utilização do sistema de integração lavoura-pecuária para a renovação de pastagens e terminação de bovinos em confinamento e que essa é uma prática que produz retornos econômicos favoráveis de médio a longo prazos.

Guimarães Jr. et al. (2010), estudando *B. ruziziensis* em sistema de integração lavoura pecuária (ILP), realizaram um trabalho objetivando quantificar a disponibilidade de massa seca de pastagem e de resteva de milho e a qualidade desse material para a utilização na alimentação de bovinos. Em 2008, a disponibilidade média

de massa de forragem total foi de 14,8 t MS/ha, sendo 4,3 t (29,1 %) correspondente a pastagem e 10,5 t (70,9 %) a resteva de milho. Já em 2009, a disponibilidade de forragem foi 8,3 t MS/ha, sendo 4,9 t MS/ha (59 %) de forragem e 3,4 t (41 %) de resteva de milho. Essa massa de forragem foi considerada elevada pelos autores, visto que foram coletadas com apenas 30 dias após a colheita do milho.

Com relação a composição química da pastagem, houve redução na digestibilidade à medida que se aumentou a proporção de resteva de milho. Os teores de FDN e FDA aumentaram com a participação de resteva de milho na massa de forragem total. O NDT da massa de forragem acumulada exclusivamente pela pastagem de *B. ruziziensis* foi em torno de 58,6 %. Segundo os autores, esse valor pode ser considerado elevado para gramíneas forrageiras no período seco do ano, no entanto é adequado para as pastagens recém-formadas por ILP

Vilela et al. (2011) afirmaram também que elevadas produtividades das lavouras e das pastagens aumentam a demanda por insumos. A integração pode promover aumento na eficiência da utilização dos insumos, resultando em menor quantidade de insumos utilizado para uma dada meta produtiva.

No caso da iLPF, segundo Porfírio da Silva (2005), existem cinco razões para arborização de pastagens: pressão para implementação de boas práticas ambientais; crescente demanda por madeira; melhoria do ambiente para o animal, busca por diversificação e agregação de renda. As árvores têm papel complementar à pecuária, servindo como proteção aos animais e incremento da renda da propriedade. Marlats et al. (1995), ao compararem monoculturas de árvores ou de pastagem, e pastagem consorciada com árvores (250 e 456 árvores.hectare<sup>-1</sup>), detectaram que as melhores taxas internas de retorno (TIR) foram para a pastagem com árvores, superando a renda líquida obtida nas monoculturas. A arborização consiste em estratégia econômica e ambiental da atividade pecuária.

Segundo Ofugi et al. (2008), sistemas de ILPF, com 250 a 350 árvores de eucalipto.ha<sup>-1</sup>, para corte entre oito e doze anos de idade, são capazes de produzir 25 m<sup>3</sup>.ha.ano<sup>-1</sup> de madeira, sequestrando aproximadamente 5 t.ha<sup>-1</sup> de carbono ou 18 t.ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>eq por ano. Tal valor equivaleria à neutralização da emissão de GEEs da presença, ou existência, de 12 bovinos adultos.ha.ano<sup>-1</sup> na mesma área. Por isso, é evidente o sequestro e o benefício para diminuição de GEE da atmosfera e das condições ambientais.

A diversificação de atividades agropecuárias, por meio do plantio de árvores, incrementa a renda na propriedade e reduz o risco da atividade como um todo. Muller et al. (2011), avaliando a viabilidade econômica de um sistema agrossilvipastoril, compararam diferentes alternativas de comercialização da madeira (*Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*) do segundo desbaste, que estava com 10 anos de plantado. Foram utilizados os métodos do valor presente líquido e o da taxa interna de retorno, ambos calculados para a taxa de juros de 6%. Apesar da pouca diferença, a agregação de valor ao produto florestal aumentou a atratividade do sistema. Considerada isoladamente, a atividade agrícola se mostrou inviável, enquanto a silvicultura e a atividade pecuária foram viáveis. Os autores ainda mencionam que o sistema estudado foi igualmente tolerante a variações nos preços do produto florestal e do produto pecuário, assim como fortemente tolerante a variações nos custos de produção. A sensibilidade da pecuária diminui quando se adicionam os produtos florestais, o que gera maior rentabilidade para o sistema, incluindo a redução de riscos.

Costa et al. (2012) avaliaram dois sistemas 1) iLPF com eucalipto e 2) um sistema de iLP. Eles concluíram que os sistemas de iLPF exigem maior investimento para implantação, e por isso podem apresentar fluxo de caixa líquido negativo, devido a uma diminuição na produção de carne pela presença florestal na área. Porém, as receitas no longo prazo, após o corte das árvores, resultaram em altos retornos do capital investido.

Na utilização das Boas Práticas Agropecuárias como abordagem técnica em seu projeto visando a sustentabilidade, Oliveira (2014) observou que a aplicação de medidas de boas práticas e adoção de tecnologias como adubação de pastagem, conseguiram reduzir o tempo total até o abate dos animais, com relação à média na região de Alta Floresta - MT: de 44 para 36 meses para machos e de 34 para 24 meses para fêmeas; aumento da produtividade, com relação à média da região: de 4,7 para 7,4 a 15,6 @/ha/ano, sendo que nas áreas intensificadas essa produtividade alcançou 17,7 a 27,3 @/ha/ano, e melhoria na qualidade da produção animal, permitindo participar de bonificação propostas pelas empresas frigoríficas.

Em síntese, a tecnologia de recuperação de pastagens aplicada em 75% da área de pastos degradados nas áreas mencionadas no estudo de Assad et al., (2015) e com a implantação da integração lavoura-pecuária e da integração lavoura-pecuária-floresta em 25% restantes de área, seria possível evitar emissões de 670 milhões de toneladas de

CO<sub>2</sub> equivalente e, ainda, captar 1,10 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> no solo (cerca de 100,2 milhões de toneladas por ano). Com isto, todos os aspectos mencionados corroboram de que não há a necessidade do produtor expandir sua propriedade horizontalmente em detrimento de um incremento vertical da produção, trazendo assim, sustentabilidade em todos os três pilares: técnico-econômico, ambiental e social.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S.R. . Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. *Proceedings: Sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável, 10 anos de pesquisa, 2013, Campo Grande, MS. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. p. 1-23*

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H. et al. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2007 (*Circular Técnica 93*).

AMARAL, G.; CARVALHO, F.; CAPANEMA, L.; CARVALHO, C.A. Panorama da pecuária sustentável. *Agroindústria*, BNDES Setorial 36, p. 249-288, 2012.

ANDRADE, J.M.; BARBOSA, F.A.; OLIVEIRA, V.T.; BICALHO, F.L.; LOPES, L.B.; LEÃO, J.M.; EMERICK, L.L. Perfil de pecuaristas com a aplicação de Boas Práticas Agropecuárias no Bioma Amazônico. 2015. In: 52a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Zootecnia: Otimizando Recursos e Potencialidades Belo Horizonte – MG, 19 a 23 de Julho de 2015.

ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2014. 380 p.

ASSAD, E., PAVÃO, E., JESUS, M., & MARTINS, S. Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira. Uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do *Plano ABC de 2012 a 2023*. São Paulo, Brazil: Observatório ABC, 2015.

ASSMANN A. L.; PELISSARI, A.; MORAES, A., et al. Produção de Gado de Corte e Acúmulo de Matéria Seca em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Presença e Ausência de Trevo Branco e Nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

ATTWOOD, G.T.; ALTERMANN, E.; KELLY, W.J., et al. Exploring rumen methanogen genomes to identify targets for methane mitigation strategies. *Animal Feed Science and Technology*. v. 166-167, p. 65-75, 2011.

BAKER, S.K. Rumen methanogens and inhibition of methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.50, n.8, p. 1293-1298, 1999.

BARBOSA, F.A.; SOUZA, R. C.; ABREU, D.C. et al. Gerência e Competitividade na Bovinocultura de Corte. In: Valadares Filho, S.C., Paulino, M.F., Paulino, P.V.R. et al. (Org.). *Anais ... Simpósio de produção de gado de corte*, 8. 1ed.Viçosa: UFV, DZO, 2012, v. 1, p. 159-182. 2012.

BARBOSA, F.A.; OLIVEIRA, V.T.; BICALHO, F.L.; LOPES, L.B.; FLORENCE, E.A. S.; MANDARINO, R.A.; AZEVEDO, H.O. Indicadores de sustentabilidade na pecuária bovina de corte – Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono. p.67-84, 2014. In: *Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*. Belo Horizonte - MG.

BARBOSA, F.A.; SOUZA, R.C. *Administração de fazendas de bovinos – leite e corte*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 342p.

BARCELLOS, A.O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, I.P. de; YOKOYAMA, L.P. Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 4p. (Comunicado Técnico/Embrapa Cerrados, nº 22).

BARIONI, L.G.; LIMA, M.A.; ZEN, S. et al. A baseline projection of methane emissions by the brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch. *Proceedings...* Christchurch, New Zealand, 2007. p.32-33.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*, 2 ed. – Jaboticabal, Funep, 2011 616 p.

BERNARDI, A.C.C.; VINHOLIS, M.M.B.; BARBOSA, P.F. Renovação de pastagem e terminação de bovinos em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP: resultados de 3 anos de avaliações. São Carlos - SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009 (*Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento*, 24).

BROCH, D.L. Integração Agricultura-Pecuária em Mato Grosso do Sul – Experiência da Fundação MS. In: *Anais...Dourados*: Embrapa – Agropecuária Oeste, Junho 2000. p.105-109.

BUDDLE, B.M.; DENIS, M.; ATTWOOD, G.T., et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *The Veterinary Journal* v. 188, p. 11- 17, 2011.

CAPPER, J.L.; HAYES, D.J. The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from U.S. beef production. *Journal of Animal Science* n. 90, p. 3527–3537, 2012.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, Martial; EASTERLING, W.E.; MELLILO, Jerry M; CERRI, Carlos Clemente. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Scientia Agricola*, v. 64, pp. 83-99, 2007.

CHENG, K.J.. FORSBERG, C. W.; MINATO, H.; COSTERTON, J. W. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. *In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (org). Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminantes. San Diego: Academic Press, 1991. P 595-624.*

COSTA, F. P.; ALMEIDA, R. G.; PEREIRA, M. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M. Avaliação econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta voltados para a recuperação de áreas degradadas em Mato Grosso do Sul. *In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, 2012, Belém. Anais... Belém: CATIE; CIPAV, 2012. p. 1-5. 1 CD-ROM.*

COTA, O. L. Emissão de metano por bovinos Nelore submetidos a diferentes planos nutricionais. Diamantina: UFVJM, 2013 52 p. il. (Dissertação de Mestrado).

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

CLARK, H.; KLEIN, C.; NEWTON, P. Potential management practices and technologies to reduce nitrous oxide, methane and carbon dioxide emissions from New Zealand Agriculture. Ngaherehere, NZ: *Ministry of Agriculture and Forestry*, 2001.

DECONTO, J. G. (Coord.). Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. São Paulo: Embrapa/Unicamp, 2008. 84 p.

DEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; LOURENÇO, A. J.; ALLEONI, G. F.;FRIGHETTO, R. T. S.; PRIMAVERESI, O.; LIMA, M. A. Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

In: INTERNATIONAL METHANE & NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 3, 2003, Beijing, China. Proceedings li ... Beijing: China Coai Information Institute, 2003. p.80-82. 1 CD-ROM.

DESJARDINS, R.L.; WORTH, D.E.; VERGÉ, X.P.C.; MAXIME, D.; DYER, J.; CERKOWNIAK, D. Carbon footprint of beef cattle. *Sustainability* 2012, 4, 3279–3301.

EISLER, M.; M. R. F. LEE; J. F. TARLTON; et al. Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature*. v. 507, n.7490, p.32–34, 2014.

ESTEVEZ, S.N.; BERNARDI, A.C. de C.; VINHOLIS, M. de M.B.; PRIMAVESI, O. *Estimativas da emissão de metano por bovinos criados em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010 (Circular Técnica 65).

EUCLIDES, V. P. B.; COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M.; et al. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*., Brasília, v.42, n.9, p.1345-1355, 2007.

FAO – Food and Agriculture Organization. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: implications and opportunities for mitigation and adaptations. Roma: *FAO*, 2009a.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance, Roma: *FAO*, 2009. 166p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>. Acesso em: 05 abril. 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. <http://faostat.fao.org/>. Acessado em 04 Nov. 2016.

GODFRAY, H.C.J., BEDDINGTON, J.R., CRUTE, I.R., HADDAD, L., LAWRENCE, D., et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, p. 812–818, 2010.

GOUVELLO, C. de; SOARES FILHO, B.S.; NASSAR, A. (Coord.). *Estudo de baixo carbono para o Brasil: relatório de síntese técnica: uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas*. Washington, DC: The World Bank, 2010. 288 p

GUIMARÃES JR, R.; VILELA, L.; MARCHÃO, R.L.; PULROLNIK, K.; MIRANDA, A.A. Massa seca, composição química e proporções de *Brachiaria ruziziensis* e de resteva de milho em área de integração lavoura-pecuária (iLP) no oeste baiano.

Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 16p. (Embrapa Cerrados. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 300).

GUIMARÃES JR., R; MANDARINO, R. A.; LOBO, C. F. et al. Impactos Produtivos e Econômicos da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Sistema de Produção de Bovinos de Corte. *In*: BARBOSA, F. A., MOLINA, L. R., GRACA, D. S., et al. (Org.). V Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte. 1ed. Belo Horizonte: Fundação de pesquisa e ensino da Medicina veterinária - FEPMVZ, 2012, v. 1, p. 35-54.

HOOKE, S.E.; WRIGHT, A.D.; MCBRIDE, B.W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea* 2010, 945785, 2010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Japan: IPCC, 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>> Acesso em: 24 set. 2015

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

JOHNSON, K.A.; HUYLEYER, M.T.; WESTBERG, H.H.; LAMB, B.K.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. *Environ Sci Technol* v. 28, p.359-362, 1994.

KICHELO, A.N.; MIRANDA, C.H.B.M.; IVO, B. et al. *Degradação e formas de recuperação e renovação e manejo de pastagens*. Embrapa, 2001 (Apostila do Curso de Pastagens). 6p.

KOZLOSKI, G.V. Bioquímica dos ruminantes. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. 140p.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McGRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, v. 81, n. 3, p. 227-34, 1999.

LASCANO, C.E.; CÁRDENAS, E. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.175-182, 2010. Supl. especial.

- LAZZAROTTO, J.J.; SANTOS, M.L. dos; LIMA, J.E. de; MORAES, A. de. Volatilidade dos retornos econômicos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. *Revista de Economia e Agronegócio*, v.7, p.259-283, 2009.
- LEONEL F.P. Sistema Consórcio capim-braquiária com milho ou soja: Produção e composição químico-bromatológica das silagens. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 149p. *Tese* (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LESLIE, M.; ASPIN, M.; CLARK, H. Greenhouse gas emission from New Zealand agriculture: issues, perspectives and industry response. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.48, p.1-5, 2008.
- LIMA, M. A. Emissão de metano e óxido nitroso na produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. As pastagens e o meio ambiente: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 249-269.
- MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 133-146, 2009 (supl. especial).
- MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R; GUIMARÃES Jr., R.; LOPES, F.C.F.; CHAVES, A.V.; CAMPOS, M.M.; MORENZ, M.J.M. *Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação*. Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2011. 92 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 147).
- MARLATS, R.M.; DENEGRI, G.; ANISIN, O.E. et al. Sistemas Silvopastoriles: estimación de beneficios directos comparados con monoculturas en la Pampa Ondulada, Argentina. *Agroforesteria en las Americas*, Turrialba, v.2, n.8, p.20-25, 1995.
- MARCUZZO, S.F. *Programa Novo Campo: Estratégia de pecuária sustentável na Amazônia*. / Silvia Franz Marcuzzo e Andréa de Lima. Alta Floresta-MT: ICV, 2015.
- MARTHA JR. G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 244 p., 2007.
- MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal* v. 4, p. 351–365, 2010.
- MCALLISTER T. A.; Okine, E. K.; Mathison, G. W. and CHENG, K. J.. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminantes. *Canadian Journal of Animal Science* 76, 231-243, 1996.

MCMANUS, C.; BARCELLOS, J. O. J, FORMENTON, B. K.; HERMUCHE, P. M.; CARVALHO JR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GIANEZINI, M; DIAS E. A.; LAMPERT, V. N.; ZAGO, D.; NETO, J. B. Dynamics of Cattle Production in Brazil. *PLoS ONE* 11(1). 2016.

MCT - MINISTERIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência: Emissões de Metano pela Pecuária, Brasília: MCT, 2006

MCT - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissão de gases de efeito estufa no Brasil. 2014. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0235/235580.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf)> Acesso em: 10 out. 2015.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. *Revista Economia e Desenvolvimento.*, n. 16, 2004.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Pretendida Contribuição Nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL\\_iNDC\\_portugues.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL_iNDC_portugues.pdf)> Acesso em: 01 jun. 2016.

MOHAMMED, N.; ONODERA, R.; ITABASHI, H.; LILA, Z.A. Effects of ionophores, vitamin B6 and distiller's grains on in vitro tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. *Animal Feed Science and Technology*, v.116, p.301-311, 2004.

MORROW, R.; WELLS, A. Uma lista para determinar as prioridades de manejo para melhorar a sustentabilidade de fazendas de pecuária de corte. 2002. In: Anais I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/01pt03.pdf>> Acesso em: 10 jun 2015.

MULLER, M.D.; NOGUEIRA, G.S.; de CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C.; ALVES, F.de.F.; CASTRO, R.V.O.; FERNANDES, E.N. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1148-1153, 2011.

NAAS, I.A; ROMANINI, C.E.B; SALGADO, D.A.; LIMA, K.A.O; VALE, M.M; LABIGALINI, M.R.; SOUZA, S. R. L.; MENEZES, A. G.; MOURA, D. J. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. *Scientia agricola* v.67 n.1 2010

- OFUGI, C. MAGALHÃES, L.L., MELIDO, R.C.N. Integração Lavoura-Pecuária (ILPF), Sistemas agroflorestais. *In: TRECENTI, R. Integração Lavoura-Pecuária-Silvicultura*. Brasília: MAPA/SDC, 25p. 2008
- O'HARA, P.; FRENEY, J.; ULYATT, M. Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: A study of research requirements. Ngaherehere, NZ: *Ministry of Agriculture and Forestry*, 2003.
- OLIVEIRA, V.T. Gestão estratégica para uma pecuária sustentável no bioma Amazônico. P. 155-122, 2014. *In: Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*. Belo Horizonte - MG.
- PORFÍRIO DA SILVA, V. Arborização de Pastagens como Prática de Manejo Ambiental e Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável do Brasil-Pecuário. *In: VI Congresso Brasileiro de Raças Zebuínas*, 2005, Uberaba. *Anais...Uberaba: ABCZ*, 2005. p.59-69.
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M. dos S.; LIMA, M.A. de; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 277-283, 2004.
- RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; LUIZ de SÁ, J.; OTTO de SÁ, C. Implantação e manejo de sistema integração Lavoura/Pecuária/Floresta com *Gliricidia sepium*. Aracaju – SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010 (Circular Técnica 60).
- REIS, G.L., LANA, A.M.Q.L, MACEDO, et al. Sistema silvipastoril: uma alternativa sustentável para a produção pecuária, *In: I Simpósio Internacional em sistemas Agroflorestais*. Workshop sobre sistemas agroflorestais, Uberlândia/BeloHorizonte-MG, 2012.
- RIBEIRO L.G.; MACHADO, FS, CAMPOS MM, GUIMARAES R, TOMICH TR, REIS LG, COOMBS C. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Rev Colomb Cienc Pecu*, v. 28, p.124-143, 2015.
- RIPPLE, W.J.; SMITH, P.; HABERL, H.; MONTZKA, S.A.; MCALPINE, C.; BOUCHER, D.H. Ruminants, climate change and climate policy. *Nature Climate Change* v. 4, p. 2-5, 2014.

SILVA, R. O.; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J.; FOLEGATTI, M. M.; ALBERTINI, T. Z.; FERNANDES, F. A.; MORAN D.. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. *Nature Climate Change* 6, 493–497

SOARES FILHO, B.S.; BARBOSA, F.A.; MERRY, F.D.; AZEVEDO, H.O.; COSTA, W.L.S.; COE, M.T.; BATISTA, E.L.S.; MACIEL, T.G.; SHEEPERS, L.C.; OLIVEIRA, A.R.; RODRIGUES, H.O. Cenários para pecuária de corte amazônica. 1ed. - Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015. 29 p.-il.

SOUZA, D.M.G.. DE; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Manejo e adubação fosfatada em pastagens. *Anais...* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: fertilidade do solo para pastagens produtivas, 2004.Piracicaba: FEALQ,2004, p. 101-138.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B.L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* v. 108, p. 20260-20264, 2011

VALLE, E.R. *Boas práticas agropecuárias – bovinos de corte*. 2. Ed. Campo Grande, MS:Embrapa Gado de Corte, 2010. 67p.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília , v. 46, n. 10, 2011.

WRIGHT, A.-D.G.; KLIEVE, A.V. Does the complexity of the rumen microbial ecology preclude methane mitigation? *Animal Feed Science and Technology* v. 166-167, p. 248-253, 2011.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D. de J.; CARVALHO, G.G.P. de. Potencialidade da integração lavoura-pecuária: relação planta-animal. *Revista Eletrônica de Veterinária*, v.7, 2006.

# 1. EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO DE BOVINOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO DE LAVOURA-PECUÁRIA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO

## 1.1. Resumo

Foram avaliados o desempenho e a emissão de metano em fêmeas Nelore (279 Kg  $\pm$  21,4 de peso vivo) em diferentes sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Cerrado do Distrito Federal. A forrageira utilizada foi a *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã e a espécie arbórea o eucalipto *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantado na orientação norte-sul, sendo os tratamentos: ILP1 – forrageira cultivada com 1 ano de formada sob sistema de (ILP); ILP6 – forrageira cultivada com 6 anos de formada sob sistema de ILP bem manejada ao longo dos anos e; ILPF1 - forrageira com 1 ano de formada via ILPF, cultivada em sub-bosque de eucalipto com espaçamento entre renques de 22 m (417 árvores.ha<sup>-1</sup>). Os indicadores avaliados nas estações seca e chuvosa foram: disponibilidade de massa seca da pastagem, relação folha:colmo, ganho de peso médio diário (GMD), ganho de peso por hectare, ingestão de matéria seca, emissão entérica de metano e perda de energia da dieta na forma de metano (Ym). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (tratamentos) por 2 (períodos). As avaliações foram conduzidas de abril de 2013 a maio de 2014. Foi observado uma menor qualidade da pastagem do tratamento ILP6 (P<0,05). Na seca, as disponibilidades de massa seca dos tratamentos ILP1 e ILP6 foram maiores do que ILPF1 (P<0,05). Na estação das chuvas, as disponibilidades foram equivalentes. Os tratamentos ILP diferiram para a disponibilidade de massa seca de forragem entre períodos de seca e chuva. A relação folha-colmo apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e a estação. Os animais do tratamento ILP6 apresentaram o menor consumo em kg.dia<sup>-1</sup> e em % do PV. O GMD foi aproximadamente 60% menor para ILP6 em relação a ILP1 na seca. O ganho por área (kgPV.ha<sup>-1</sup>) no sistema ILP1 foi 54% maior do que os demais na seca e 47% maior do que o ILPF1 nas águas. As emissões de metano entérico foram afetadas pelos períodos do ano, com maior emissão bruta (g/dia e kg/ano) para a época da chuva. Conclui-se que os sistemas integrados, baseados em pastagem de primeiro ano (com 1 ano de formada) foram mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores perda de energia da dieta na forma de metano (Ym) e emissão de metano por kg de matéria seca ingerida.

**Palavras chaves:** agricultura de baixo carbono; gases de efeito estufa; sistemas integrados; pastagem.

## 1.2. Abstract

Were evaluated the performance and emission of methane in Nellore heifers ( $279 \text{ Kg} \pm 21.4$  live weight) in different integrated crop livestock systems (ICLS) and integrated crop livestock forestry systems (ICLFS) in the Savanna region of the Federal District, Brazil. The forage used was *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã and the arboreal species *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) planted in the north-south orientation, with treatments: ICLS1 - forage cultivated with 1 year of formation under ICLS; ICLS6 - forage cultivated with 6 years of age under a well managed ICLS system over the years and; ICLFS1 - 1-year-old forage formed under ICLFS, cultivated in eucalyptus understory with spacing between rows of 22 m (417 trees.ha<sup>-1</sup>). The indicators evaluated in the dry and rainy seasons were: dry pasture availability, leaf: stem ratio, average daily weight gain (ADG), weight gain per hectare, dry matter intake (DMI), methane enteric emission and energy loss of the diet in the form of methane ( $Y_m$ ). The experimental design was completely randomized in factorial scheme 3 (treatments) for 2 (periods). Evaluations were conducted from April 2013 to May 2014. Lower pasture quality of the ICLS6 treatment ( $P < 0.05$ ) was observed. In the dry season, the dry mass availability of ICLS1 and ICLS6 treatments were higher than ICLFS1 ( $P < 0.05$ ). In the rainy season, availability was equivalent. ICLS treatments differed for the availability of dry mass of forage between periods of drought and rainfall. The leaf-stem relationship showed significant differences between the treatments and the season. The animals of the ICLS6 treatment presented the lowest consumption in kg.dia<sup>-1</sup> and in percentage (%) of the LW. The ADG was approximately 60% lower for ICLS6 than ICLS1 in the dry. The gain per area (kgLW.ha<sup>-1</sup>) in the ICLS1 system was 54% higher than the others in the dry season and 47% higher than the ICLFS1 in the rainy season. Enteric methane emissions were affected only by the periods of the year ( $P < 0.05$ ), with higher gross emission (g/day and kg/year) for the rainy season. It is concluded that the integrated systems, based on first-year pasture (with 1 year of training) were more efficient, since they presented lower values for the indicators of energy loss of the diet in the form of methane ( $Y_m$ ) and emission of methane per kg of ingested dry matter.

**Index terms:** integrated systems; greenhouse gases; low carbon agriculture; pasture.

### 1.3. Introdução

A obtenção de maiores retornos produtivos em uma mesma área, reduzindo os impactos ambientais negativos de um crescimento horizontal na propriedade (Godfray et al., 2010) deve se constituir no principal objetivo da pecuária moderna.

A melhoria das pastagens desempenha um papel importante na produtividade de sistemas pecuários e também no estoque de carbono no solo (Wang et al., 2014). Logo, a recuperação de pastagem do Brasil em processo de degradação ou degradados, tem sido uma prioridade crescente (Latawiec et al 2014; Reis et al 2012). O Brasil tem grande potencial para reduzir as emissões de GEE no setor agropecuário. No geral, as fontes de GEE de origem entérica no Brasil são responsáveis por 56,0% das emissões agropecuárias nacionais em CO<sub>2</sub> equivalente (Gouvello et al., 2010; MCT, 2014).

Aproximadamente 79% do carbono (C) ingeridos por animais são liberados para a atmosfera como CO<sub>2</sub> por meio da respiração e, como o metano (CH<sub>4</sub>), pela fermentação do rúmen sendo este o segundo GEE de vida longa mais importante, perdendo apenas para o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Heimann et al., 2011; Parsons et al., 2011).

A integração de sistemas de produção agrícolas e pecuários tem sido adotada em maior escala atualmente no Brasil e difere em espécies de culturas, rotação e épocas (Kamali et al., 2016). Sistemas de produção integrados têm grande potencial para intensificação da produção pecuária. Além disso, podem reduzir a produção de metano por quilograma de carne produzida, sendo portanto, uma alternativa para a produção sustentável de carne bovina (Alvarenga et al 2007;. Esteves et al., 2010).

Embora esta estratégia seja promovida por agências de extensão governamental, apresenta uma baixa adoção em comparação à área total de pastagens degradadas existentes (Borges et al., 2014). Por isto, uma das metas do governo Brasileiro é, até 2030, cumprir os compromissos assumidos na 21<sup>a</sup> Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP 21) recuperando 15 milhões de ha de pastagens degradadas, incrementar cinco milhões de hectares de sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF) e restaurar 12 milhões de hectares de florestas (KLFF, 2016).

Uma recuperação de 100% da área de pastos degradados Brasileiros, por meio de reformas tradicionais e, sendo somente 25% desta recuperação com a adoção de integração lavoura-pecuária-floresta, o benefício gerado seria capaz evitar emissões de

670 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente e, ainda, captar 1,10 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> no solo (Assad et al., 2015).

Com estes números, faz-se necessária a geração de coeficientes técnicos que possam ser utilizados para avaliar a sustentabilidade de sistemas de integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e a emissão de metano entérico de fêmeas Nelore em diferentes sistemas de produção a pasto no Cerrado.

#### **1.4. Material e Métodos**

O protocolo experimental do presente estudo foi analisado e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA Número: 236/2012) da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil.

##### **1.4.1. Local de realização do estudo e Tratamentos experimentais**

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF (lat: -15,604088°; long: -47,713837°), e altitude de 980 metros do nível do mar, com precipitação média anual de 1.383,7 mm, temperatura média anual de 21,9 °C e clima tropical chuvoso Aw (A – Clima tropical chuvoso; w – chuva de verão; a – verão quente, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C com duas estações do ano bem definidas, sendo elas estação chuvosa e estação seca.

As áreas experimentais foram utilizadas em estudos de longa duração com sistema de Integração Lavoura-pecuária-floresta e Lavoura-pecuária (nas áreas sem a presença das árvores). A área de pastagem com 6 anos de formada foi estabelecida em solo previamente corrigido com 3 ton.ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT de 80% e 1,2 ton.ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. Em 2007 realizou-se o plantio da soja foi realizado no ano de 2006, com 500 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK de 02-18-18. No ano de 2007 foi plantado o Milho consorciado com a pastagem. Utilizou-se uma taxa de semeadura do capim-Piatã de 8 kg.ha<sup>-1</sup> de semente com 70% de VC, adubação de plantio com 385 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-24-12 + Zn e adubação de cobertura de 130 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia. O início do pastejo do

tratamento ILP foi realizado em junho de 2008, neste caso, configurando o tratamento ILP6 (pastagem com 6 anos de formada sob sistema de ILP).

As áreas de pastagem recém-formadas via ILP e ILPF começaram a ser trabalhadas em 2009. O componente arbóreo foi composto por eucalipto *urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*). O plantio das mudas de eucalipto foi realizado em fevereiro de 2009 em orientação norte-sul, em função da direção da declividade do terreno (Leste-Oeste), como prática conservacionista do solo. Esse plantio foi realizado em consórcio com sorgo implantado no espaçamento entre os renques. No segundo e terceiro ano (2009-2011), a atividade agrícola permaneceu no sub-bosque dos eucaliptos com o cultivo de soja tardia (adubação de 400 kg de NPK 0-20-20). No quarto ano (2011-2012), foi semeada uma soja precoce (adubação de 400 kg de NPK 0-20-20) e após a colheita foi estabelecido o consórcio entre o sorgo e a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. Para o sorgo foi utilizada a taxa de semeadura de 8 kg.ha<sup>-1</sup> de sementes, enquanto para o capim-Piatã 5 kg de sementes puras viáveis (SPV) por hectare. As sementes da forrageira foram semeadas a lanço antes do plantio do sorgo. A adubação de plantio do consórcio foi realizada com a formulação N-P-K (08-20-15) na dosagem de 350 kg ha<sup>-1</sup>. Toda essa sequência de cultivos foi realizada, da mesma forma, na área a pleno sol, sem a presença do componente florestal. Após a colheita do sorgo, estabeleceram-se os tratamentos, ILP1 e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF1), sendo este último com espaçamento entre árvores de 2 m x 2 m (linha dupla) e um espaçamento entre renques de 22 m, totalizando 417 árvores por hectare. A altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) do eucalipto no ano de 2013 era de 17,8 m e 14,1 cm de média, respectivamente. A área média de cada repetição/piquete foi de 1,3 ha, totalizando uma área experimental total de 11,7 ha. A área efetiva de pasto com a presença de árvores (ILPF1) foi de 1,2. Apesar disto, todos os resultados considerados foram calculados para a razão hectare para uniformidade de resultados.

O solo da área experimental para os tratamentos ILP1 e ILPF1 era composto por 22% de areia fina, 5% de areia grossa, 60% de argila e 13% de silte. Quanto às características químicas o teor de fósforo era de 4,63 mg L<sup>-1</sup>, o teor de potássio 74,00 mg L<sup>-1</sup>, o teor de alumínio trocável 0,60 cmolc.dm<sup>-3</sup>, o teor de hidrogênio + alumínio (H+Al) 1,38 cmolc.dm<sup>-3</sup>, o teor de matéria orgânica de 3,77% e o pH (em água) de 5,88. O tratamento ILP6, era composto por 35% de areia fina, 15 % de areia grossa, 44% de argila e 6% de silte. Quanto às características químicas o teor de fósforo era de 10,26 mg L<sup>-1</sup>, o teor de potássio 91,77 mg L<sup>-1</sup>, o teor de alumínio trocável 1,90

cmolc.dm<sup>-3</sup>, o teor de hidrogênio + alumínio (H+Al) 1,9 cmolc.dm<sup>-3</sup>, o teor de matéria orgânica de 2,86% e o pH (em água) de 5,88.

O período experimental foi de 22 de abril de 2013 a 02 de maio de 2014. Em março de 2013, foi realizada uma uniformização no capim com auxílio de roçadeira horizontal em todos os tratamentos e, em seguida, adubação nitrogenada de cobertura na dose de 92 kg de nitrogênio (na forma de ureia) ha<sup>-1</sup>. Outra adubação nitrogenada foi realizada em fevereiro de 2014 na dose de 60 kg de nitrogênio (na forma de ureia) ha<sup>-1</sup>.

Adotou-se uma oferta de forragem inicial de 10 kg de massa seca de forragem para 100 kg de peso vivo animal por dia para todas as áreas no início do experimento. Ocorreram variações na oferta em função da variação da disponibilidade da forragem nas diferentes épocas do ano. Nos meses de abril/2013 a novembro/2013, a oferta média ficou ajustada em 10%. De dezembro/2013 a março/2014, a oferta ficou em 9% por dia. E no mês de abril/2014 a oferta era de 8%. Os animais tiveram acesso a suplemento mineral à vontade.

Foram considerados dois períodos de trabalhos com tal mensuração, sendo a estação seca composta pelo período de transição chuvoso – seco (1), (Abril-Maio 2013), e o próprio período seco (2) (Julho-Agosto 2013), e ainda a estação chuvosa composta pela transição seco – chuvoso (3) (Novembro 2013) e período chuvoso (4) (Janeiro-Fevereiro 2014).

Para os ensaios de metano (amostragens 1 e 2), no período seco, os piquetes foram pastejados por fêmeas em recria da raça Nelore com idade estimada de 20 meses com peso médio inicial de 308 kg ± 27 kg, e para os ensaios do período das chuvas (amostragens 3 e 4) os animais foram substituídos por fêmeas em recria da raça Nelore, com idade estimada de 17 meses com peso médio inicial de 295 kg ± 35kg. Esta substituição foi realizada em função das taxas de emissões das cápsulas de SF<sub>6</sub> estarem se aproximando do final de sua vida útil. Foram utilizados seis animais traçadores por tratamento, sendo dois em cada repetição. O método de pastejo adotado foi o de lotação contínua com carga variável, conforme a técnica de animais reguladores (Mott et al., 1952), ou seja, animais reguladores foram utilizados para adequar a taxa de lotação, considerando a mesma oferta de forragem estipulada para todos os tratamentos. Em cada parcela, os animais traçadores, ou *testers*, utilizados foram mantidos durante todo o período para avaliações de desempenho e emissões de metano. Esses animais foram padronizados por raça, idade, sexo e peso corporal inicial.

#### 1.4.2. Disponibilidade, Composição química da pastagem e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e Desempenho animal

A avaliação da disponibilidade de massa seca de forragem foi realizada nas seguintes datas: 1ª (29.04.2013); 2ª (15.07.2013); 3ª (11.11.2013); 4ª (13.01.2014). Foi realizada a coleta de 10 amostras em cada piquete, com auxílio de um quadro de ferro em formato de uma moldura de 1,0 m x 1,0 m sendo cortada a pastagem a uma altura de 5 cm do nível do solo, com uma roçadeira manual. As amostras de forragem verde foram pesadas e em seguida, separadas duas subamostras. Uma (500 g) para estimar o peso seco, sendo levada à estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72h. Outra (300 g) utilizada para separação das frações folha, colmo+bainha foliar e material morto, separadas do volume total de massa verde de forragem no momento da amostragem. As plantas foram separadas em folha, colmo+bainha foliar e material morto com o auxílio de tesouras. Posteriormente, cada componente foi acondicionado em sacos de papel para a secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 55°C por 72 horas e pesadas.

Para as análises de composição química do capim-Piatã, foi realizada, no mesmo momento das amostragens de avaliação da disponibilidade, uma simulação manual de pastejo (Gardner, 1986). Foram coletadas duas sub amostras do pastejo simulado, no início e no final dos ensaios daquele período, cuja média foram as amostras para as análises químicas. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 55°C por 72 horas.

Após a secagem em estufa a 55°C, as amostras do pastejo simulado, de todos os tratamentos, foram processadas em moinho com peneira de 1 mm, a seguir avaliadas por meio da análise da composição bromatológica, calculando o percentual de MS total em relação ao peso original e analisando-se por espectroscopia no infravermelho próximo (Near-infrared spectroscopy - NIRS) para as seguintes características: proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina.

Para se obter a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), as amostras foram submetidas ao procedimento de digestibilidade *in vitro* de dois estágios, proposto por Tilley and Terry (1963).

O consumo de matéria seca (CMS) foi estimado utilizando o marcador externo LIPE® (Saliba et al., 2015), associado à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de amostras de pastejo simulados em todos os tratamentos (Gardner, 1986).

No início e no final do período experimental, os animais foram pesados em jejum de alimentos e água de 16 horas. Após o início do experimento, os animais foram pesados a cada 28 dias, sem jejum, visando à manutenção dos ciclos de pastejo (ajustes nas taxas de lotação). Os resultados de ganho de peso diário foram mensurados, subtraindo-se o peso anterior do animal e dividindo-se pelo número de dias.

#### 1.4.3. Emissões de metano entérico

As emissões diárias de metano das novilhas foram estimadas a partir das análises de amostras de ar coletadas ao redor de suas narinas e boca, em um período de 24 horas por meio cangas de PVC instaladas sob o pescoço dos animais, utilizando a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), durante 5 dias (Johnson e Johnson, 1995; adaptada por Primavesi et al. 2004).

A determinação da concentração de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub>, coletados nos tubos, foi realizada em cromatógrafos a gás equipados com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons (FID e ECD). Cromatogramas foram realizados imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo. Com os resultados, foram calculadas as emissões de metano em várias unidades: emissão de metano por animal por dia (g.CH<sub>4</sub>/animal/dia); emissão de metano por animal por ano (kg.CH<sub>4</sub>/animal/ano); emissão de metano em relação ao consumo de matéria seca (kg.CH<sub>4</sub>/kg.MSI), emissão de metano em relação ao ganho de peso diário animal (gCH<sub>4</sub>.kgGPV<sup>-1</sup>) emissão de metano em relação ao ganho de peso por hectare (gCH<sub>4</sub>.kgGPV<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>). A perda relativa de energia bruta (EB) na forma de metano (*Y<sub>m</sub>*, ou metano *yield*) foi calculada levando-se em consideração a energia bruta do metano emitido em relação à energia bruta da matéria seca (MS) consumida pelo animal multiplicado por 100. Considerou-se 4,38 Mcal de EB por quilo (Holter e Young, 1992).

As amostras foram coletadas em quatro ensaios durante o período experimental, nos meses centrais de cada estação: Outono, Inverno, Primavera e Verão. Para análise, os períodos foram agrupados em Período Seco (Menor proporção de chuvas) Período Chuvoso (de chuvas). O primeiro ensaio de 22/04/2013 a 11/05/2013; o segundo ensaio de 22/07/2013 a 03/08/2013; o terceiro ensaio de 19/11/2013 a 30/11/2013; e o quarto ensaio de 27/01/2014 a 05/02/2014. Os dois primeiros ensaios representaram a estação seca e o terceiro e quarto ensaios, a estação chuvosa.

#### 1.4.4. Análise Estatística

Os resultados considerados foram coletados durante o período de um ano e as análises feitas em cada período, considerando-se o efeito do tratamento, além do efeito do tempo e interação entre eles. O delineamento foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3x2, realizando-se o teste de Tukey a 5% de significância do erro, com três tratamentos e dois períodos, com dois animais testes por piquete, totalizando seis animais testers por tratamento.

Para os dados de emissão de metano foi considerado o nível de 10% de significância do erro. Os dados foram analisados no software SISVAR 4.0 (Ferreira, 2000).

### 1.5. Resultados

Ao verificar os dados de composição química (Tabela 1.1), um menor teor de PB para o pasto de maior idade ILP6 foi observado, bem como um maior teor de FDN, FDA e DIVMS ( $P < 0,05$ ), quando comparado aos outros tratamentos.

É possível verificar ainda que os teores de PB para o tratamento ILP6 diferiram entre os períodos ( $P < 0,05$ ) e para os teores de FDA e DIVMS.

Os tratamentos ILP1 e ILPF1, foram semelhantes para PB, FDN, FDA e no período chuvoso ainda foram semelhantes para DIVMS, sugerindo que a presença de árvores não foi capaz neste período de influenciar os tratamentos com mesmo tempo/ano de formados, interferindo apenas em pastos com mais idade (ILP6). Os pastos de primeiro ano só apresentaram diferenças no período chuvoso, onde o ILPF1 apresentou o segundo maior resultado, diferindo do ILP1.

A DIVMS média para a seca e para as águas foram de 53,05 e 58,11 para o período seco e de chuvas, respectivamente, sendo 8,7% menor no período seco ( $P < 0,05$ ) quando comparado à estação chuvosa.

**Tabela 1.1** – Composição química da *Brachiaria brizantha* cv Piatã em diferentes sistemas integrados de produção nos períodos seco e chuvoso.

		Período	
		Seco (%)	Chuvoso (%)
ILP1	Proteína Bruta	10,50a	11,33ab
	FDN	53,00b	52,79a
	FDA	34,29b	31,27b
	Lignina	5,69	4,26
	DIVMS	57,72aB	59,40aA
ILPF1	Proteína Bruta	11,91a	12,76a
	FDN	51,18b	52,59a
	FDA	32,51b	30,98b
	Lignina	5,50	4,51
	DIVMS	55,11bB	60,75aA
ILP6	Proteína Bruta	6,10bB	9,19bA
	FDN	64,81a	57,72a
	FDA	41,74aA	35,66aB
	Lignina	5,11	5,15
	DIVMS	46,33cB	54,18bA

\*Proteína bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Digestibilidade *in vitro* da MS.

<sup>abc</sup> Médias nas colunas, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância do erro entre tratamentos. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância do erro para os períodos.

Para a disponibilidade de massa seca de forragem, a interação tratamento\*estação foi significativa ( $P < 0,0001$ ). No período seco, as disponibilidades dos tratamentos ILP1 e ILP6 foram maiores do que ILPF1 ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1.2), com mais de 46% em redução em disponibilidade. Na estação das chuvas, as disponibilidades de pasto foram equivalentes para os tratamentos. A disponibilidade da pastagem foi menor em 32% na estação seca do que na estação chuvosa. Os tratamentos sem a presença de árvores apresentaram diferenças para a disponibilidade entre períodos de seca e chuva, com uma redução em aproximadamente 30% e 40% para ILP1 e ILP6, respectivamente, quando no período das chuvas ( $P < 0,05$ ).

A relação folha-colmo (Tabela 1.3) apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e a estação ( $p = 0,0143$ ). No período da seca, o ILPF1 obteve resultados maiores do que o ILP6. Todavia, no período das chuvas, o ILP6 obteve o maior resultado, aumentando expressivamente seu valor em relação aos outros tratamentos ( $P < 0,05$ ).

Em relação ao período, a relação folha-colmo do capim-Piatã, diferiu para todos os tratamentos ( $P<0,05$ ), sendo que a média no período chuvoso foi 34,2% superior à observada no período seco ( $P<0,05$ ).

**Tabela 1.2** - Disponibilidade de Massa Seca em  $\text{Kg.ha}^{-1}$ , relação folha-colmo e ingestão de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv Piatã em diferentes sistemas integrados de produção.

Tratamento	Disponibilidade – $\text{kgMS.ha}^{-1}$		Folha-Colmo – $\text{kg.ha}^{-1}$		IMS – $\text{kg.dia}^{-1}$		IMS % PV	
	Seca	Chuvas	Seca	Chuvas	Seca	Chuvas	Seca	Chuvas
<b>ILP1</b>	4.605,17aA	3.141,17aB	0,80abB	1,55abA	6,31aA	6,62bA	2,19aA	2,35bA
<b>ILPF1</b>	2.485bA	2.244,50aA	0,92aB	1,33bA	6,00aB	7,79aA	1,85aB	2,77aA
<b>ILP6</b>	4.804,68aA	2.488,17aB	0,37bB	2,01aA	4,15bB	5,98bA	1,33bB	2,15bA
<b>Média</b>	3.915,60A	2.624,61B	0,70B	1,61A	5,49B	6,80A	1,79B	2,42A
<b>CV</b>	18,7		42,74		11,04		16,81	

<sup>abc</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey para os períodos. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey entre tratamentos.

O valor médio de IMS foi maior para a época das chuvas, sendo 19,3% menor na época da seca em  $\text{kg}/\text{dia}$  e 26% menor em % do peso vivo (PV) ( $P<0,05$ ). A interação foi significativa e os tratamentos foram influenciados pelo período ( $P=0,0002$ ), e, tanto na seca quanto nas chuvas, o menor consumo foi para a ILP6 ( $P<0,05$ ) para  $\text{kg.dia}^{-1}$ . Para IMS em % do PV na época das chuvas a ILPF1 apresentou o maior resultado, com uma semelhança entre os valores dos tratamentos ILP1 e ILP6.

Entre os períodos para cada tratamento, apenas o ILP1 não diferiu quanto aos consumos na época seca e na época das chuvas. Para o ILPF1 foi observado um consumo 33% menor na época da seca e o ILP6 38% menor ( $P>0,05$ ).

Para os pesos vivos (Tabela 1.3) não ocorreu uma interação significativa entre período\*tratamento, porém o período das chuvas apresentou resultado 19% menor do que quando comparado ao período da seca. Somado a isto, a taxa de lotação em  $\text{UA.ha}^{-1}$  também foi 18% menor para o mesmo período ( $P<0,05$ ).

**Tabela 1.3** - Peso vivo médio (PV), taxa de lotação (TL), ganho de peso médio diário (GMD) ganho de peso por hectare (GHA) em sistemas de produção integrados nas estações seca e chuvosa

		<b>PV</b>	<b>TL</b>	<b>GMD</b>	<b>GHA</b>
	<b>Tratamento</b>	<b>Kg</b>	<b>UA.ha<sup>-1</sup></b>	<b>kg.dia<sup>-1</sup></b>	<b>kgPV.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Seca</b>	<b>ILP1</b>	306,41	2,36	0,51a	232,33a
	<b>ILPF1</b>	335,33	2,18	0,47ab	125,47b
	<b>ILP6</b>	282,91	2,03	0,31b	129,76b
	<b>Média</b>	308,22A	2,20A	0,43A	137,68B
<b>Chuvas</b>	<b>ILP1</b>	226,16	2,10	0,44	454,95a
	<b>ILPF1</b>	260,25	1,54	0,39	216,04b
	<b>ILP6</b>	262,33	1,71	0,40	342,53ab
	<b>Média</b>	249,58B	1,79B	0,41A	297,84A
<b>Média Anual</b>		278,90	1,98	0,42	217,76
<b>CV</b>		21,44	19,72	18,72	20,53
<b>EPM</b>		17,26	0,16	0,03	51,36
<b>P interação</b>		0,20	0,66	0,14	0,08

<sup>abc</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste de Tukey para os períodos. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste de Tukey entre tratamentos.

As taxas de lotação, em UA.ha<sup>-1</sup> obtidas para os tratamentos não diferiram, somente as médias entre períodos, que foram 18% menores para o período das chuvas (P<0,05).

Analisando o GMD, a única variação observada foi no período da seca o ILP6 apresentou menor resultado quando comparado ao ILP1.

Para o ganho de PV por hectare em (kgPV.ha<sup>-1</sup>), os tratamentos diferiram na época seca, sendo que o ILP1 obteve o maior valor, e no período das chuvas o ILP1 foi maior que o ILPF1 (P<0,05). Entende-se que este indicador deve ser computado em conjunto para analisarmos o sistema, portanto a resposta média por tratamento foi 343,64, 236,15 e 170,76 kgPV.ha<sup>-1</sup> para ILP1, ILP6 e ILPF1, sendo o valor médio da ILP1 maior que os outros 2 tratamentos (P<0,05).

Já na Tabela 1.4, das emissões de metano, para os dados de emissão bruta, em gramas por dia e quilos por ano, houve diferenças entre os períodos, com 48% a menos de metano bruto emitido para o período da seca.

É possível notar também uma diferença entre períodos, para o indicador CH<sub>4</sub> por kg de matéria seca ingerida, onde o menor valor observado foi na seca. O tratamento ILP6 foi o que mais emitiu CH<sub>4</sub> em função da MSI, tanto no período seco, quanto no período das chuvas (P<0,10).

**Tabela 1.4** - Emissões entéricas de metano em gramas por dia, quilogramas por ano, gramas por quilograma de matéria seca ingerida (g.MSI), gramas por quilograma de peso vivo ganho por animal (g.kgGPV), gramas por quilograma de peso vivo ganho por hectare (g.kgGPV.ha-1) e perdas de energia da dieta na forma de metano (Ym), em sistemas de produção integrados nas estações seca e chuvosa

		CH <sub>4</sub>					
Estação	Tratamento	g.dia <sup>-1</sup>	kg.ano <sup>-1</sup>	g.kgMSI <sup>-1</sup>	g.kgGPV <sup>-1</sup>	g.kgGPV.h a <sup>-1</sup>	Ym (%)
Seca	ILP1	91,82B	33,51B	14,87bB	171,09	128,64	4,53bB
	ILPF1	80,52B	29,39B	13,75bB	177,85	133,72	4,19bB
	ILP6	82,34B	30,05B	20,18aB	247,83	141,62	6,15aB
	Média	84,89B	30,99B	16,27B	196,05A	134,25A	4,95B
Chuvosa	ILP1	167,90A	61,28A	23,90bA	125,60	94,43	7,28bA
	ILPF1	170,18A	62,11A	22,25bA	146,77	110,35	6,78bA
	ILP6	156,43A	57,10A	28,39aA	152,02	86,87	8,65aA
	Média	164,84A	60,16 <sup>a</sup>	24,85A	142,40A	97,38A	7,57A
<b>Média Annual</b>		124,87	45,58	20,56	169,22	115,82	6,26
<b>CV</b>		24,98	24,98	30,49	46,92	40,96	30,49
<b>EMP</b>		972,64	129,57	39,19	76,15	46,50	3,64
<b>P interação</b>		0,33	0,33	0,97	0,57	0,72	0,97

<sup>abc</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste de Tukey para os períodos. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas (P<0,05) pelo teste de Tukey entre tratamentos.

Esta mesma resposta não foi possível ser observada para emissões de metano por quilo de ganho de peso vivo (g.kgGPV<sup>1</sup>) onde os tratamentos apresentaram semelhanças tanto na seca e no período das chuvas. Para g.kgGPV.ha-1, os tratamentos também foram semelhantes. Em ambos indicadores, o período não apresentou diferenças significativas.

Porém foi possível verificar diferenças entre tratamentos quanto ao indicador de Ym (Tabela 1.5). O tratamento ILP6 apresentou menores resultados que os demais

tratamentos, indicando uma perda no mínimo 35 % maior para a seca que os demais tratamentos e 18% maior para o período das chuvas, quando comparado com ILP1 e ILPF1 ( $P < 0,10$ ). Os períodos também diferiram, sendo o menor médio para o período da seca ( $P < 0,10$ ).

## 1.6. Discussão

Quando é analisado o valor nutricional da pastagem com maior idade de formação (ILP6) comparativamente com os valores nutricionais encontrados nos outros tratamentos estudados, o tratamento ILP6 apresentou menor teor de PB e DIVMS, e maiores valores para fibra (FDN e FDA). Além de uma associação usual ao desenvolvimento, com o decréscimo no teor de proteína, aumento no teor de celulose e lignina. Estes resultados são justificados pelo fato de que pastagens com idades mais elevadas ou em estágios de maior maturidade, tem efeitos marcantes sobre a digestibilidade (Silva e Leão, 1979).

Adicionalmente, Soares et al. (2009) encontraram que o teor de proteína bruta foi maior sob a sombra de árvores em sistemas silvipastoris, sendo maior em comparação aos tratamentos sem a presença de árvores, sendo este teor elevado em consequência do efeito de concentração de nutrientes, devido às menores produções de massa de forragem sob sombreamento, fato este que foi observado, onde os teores de PB foram 48% menores para ILP6 na seca quando comparado com ILPF1, e 28% menor no período das chuvas.

O tratamento ILP6 ainda apresentou menor digestibilidade, o que, somado aos teores químicos da pastagem neste tratamento, vieram a comprometer a sua ingestão de matéria seca, principalmente no período da seca e quando comparado ao sistema com presença de árvores.

Porém, a disponibilidade do tratamento ILP6 não foi afetada no período da seca, gerando uma possibilidade dos animais realizarem uma seleção de seu alimento, apesar de uma baixa relação folha-haste no mesmo período para este tratamento.

O tratamento ILPF1, com a presença de árvores apresentou -46% de disponibilidade quando comparado a ILP1 e 52% inferior comparado a ILP6 no período da seca ( $P < 0,05$ ). Corroborando com esta observação, Oliveira et al. (2014) também observaram maior massa seca de forragem de capim-Piatã no tratamento sem árvores e

quando comparados os tratamentos em sistema silvipastoril com a mesma distância entre renques de eucalipto. De acordo com Barbosa et al. (2006) há uma relação linear positiva da disponibilidade de massa seca às altas ofertas de forragem (OF) praticadas no presente estudo para o período da seca (9-10%). Portanto, durante o período das chuvas, as disponibilidades se igualaram para os tratamentos, porém a taxa de lotação taxa de lotação foi reduzida em 18%, possivelmente pela menor OF praticada neste período, mas sem proporcionar superpastejo.

Estes resultados podem ser entendidos pelo que foi observado por Barbosa et al. (2006), que aparentemente no intervalo de 7 a 11% de OF encontra-se a faixa em que o capim-tanzânia deve ser manejado, tanto sob pastejo em lotação contínua e a taxas de lotação variável. A oferta de forragem mais condizente para a associação entre ganho médio diário, ganho por hectare e dinâmica da pastagem encontra-se na faixa de oferta de forragem de 7 a 11% do peso vivo. Os autores ainda mencionam que outro fator a ser considerado a longo prazo é a sustentabilidade do ecossistema de pastagem, que está intimamente ligada ao material residual remanescente, pois, quando manejadas em superpastejo, semelhante a 3% de OF, tendem a apresentar degradação de plantas.

Adicionalmente, sabe-se que bovinos em pastejo preferem folhas a colmos e materiais senescentes (Carvalho et al., 2001). A proporção de folha-haste no período seco também foi um dos fatores determinantes, com maior proporção de material senescente presente na massa total de forragem no período seco. Explica-se este fato à medida que aumenta a quantidade de forragem disponível para o animal, começa a sobrar forragem, resultando em maior altura da pastagem e em maior quantidade de material morto, como consequência do alongamento dos entrenós e das sobras de folhas, as quais provocam sombreamento das folhas mais velhas e senescência. (Barbosa et al., 2006)

Todavia, não foi possível verificar no presente estudo esta diferença entre os tratamentos de pastagens de primeiro ano de formadas, e acredita-se isto às plantas forrageiras estarem em seu primeiro ano de formadas a um nível semelhante em fertilidade de solo, estágio de desenvolvimento e maturidade.

Já no estudo de Paciullo et al. (2011), os autores encontraram que a PB influenciou os tratamentos. Trabalhando com novilhas em sistemas silvipastoris, os autores encontraram, no inverno, maior GMD para os tratamentos silvipastoris,  $0,512 \text{ kg.dia}^{-1}$ , resultado maior do que as áreas sem a presença de árvores, com  $0,452 \text{ kg.dia}^{-1}$ . Os resultados foram semelhantes para o GMD no presente estudo, porém não foi

possível se observar para o período das chuvas uma resposta na queda do ganho por dia em função de uma menor PB da pastagem. Estes fatores foram compensados pela resposta produtiva no ILP6.

Entretanto, quando analisa-se o ganho no sistema como um todo, com ganho por hectare, uma resposta próxima do sugerido pelos autores foi possível ser observada. Aliado a esta afirmativa, a pecuária brasileira, em sua grande maioria, continua aquém de suas reais potencialidades, com baixa taxa de lotação ( $< 1 \text{ UA ha}^{-1}$ ) e produtividade ( $< 120 \text{ kg de peso vivo ha}^{-1}$ ) (Barbosa et al., 2014).

Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho demonstram respostas positivas da utilização de integração lavoura-pecuária-floresta, seja ela recém implantada com e sem a presença de árvores e após 6 anos de formado o componente forrageiro com resposta de  $250 \text{ kgPV.ha}^{-1}$  ( $16@.ha^{-1}$ ) em média para os tratamentos estudados

As diferenças nutricionais e de ingestão de matéria seca também possibilitaram diferenças nas emissões entre os tratamentos para emissão de metano por  $\text{kg.MSI}^{-1}$ . Deighton et al. (2014) trabalhando em sistemas de pastejo em clima temperado, encontraram resultados semelhantes para  $\text{CH}_4$  ( $\text{g/kgMSI}$ ) de  $22,3 \pm 1,44$ , próximos dos encontrados no presente estudo para a pastagem de maior idade ILP6, ou seja, pastagens tropicais bem manejadas tendem a apresentar respostas positivas e competitivas.

Demarchi et al. (2003) monitoraram as emissões de  $\text{CH}_4$  por novilhos da raça Nelore nos períodos de inverno, primavera e no verão, em pastagem de *Brachiaria brizantha*. Foram utilizados 16 animais cujo peso vivo (PV) variava de 206 a 525 kg durante o inverno, 196 a 538 kg na primavera e 258 a 598 kg durante o verão. As emissões foram quantificadas pela técnica do SF6. As emissões médias de  $\text{CH}_4$  foram significativamente diferentes entre todas as estações avaliadas ( $p < 0,05$ ). Os valores médios obtidos foram de 102,3; 136,5 e 209,9  $\text{g/animal/dia}$  e 0,343; 0,420 e 0,530  $\text{g/kg PV/dia}$ , respectivamente, nos períodos de inverno, primavera e verão. Os autores consideraram que as variações observadas na produção de  $\text{CH}_4$  se relacionavam com a qualidade da forragem que, por sua vez, interfere na digestibilidade da matéria seca e da FDN e no consumo da forragem pelos animais. A conversão média de  $\text{CH}_4$ , ou a perda de energia digestível no verão (14%) foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) que na primavera de (10,6%) e no inverno de (11,9%). Com os dados obtidos, estimaram uma emissão média de  $\text{CH}_4$  de 51,79  $\text{kg/animal/ano}$ , e uma produção anual 4.915,51 Gg pelos bovinos de corte. Os autores ainda informam que a redução da idade média de

abate de 4,5 para 2 anos poderia diminuir cerca de 10% sobre as emissões totais de CH<sub>4</sub> pelo rebanho nacional.

Já Canesin (2009) trabalhou com as equações do IPCC (2006) e apresentou perda de energia bruta na forma de CH<sub>4</sub> (Y<sub>m</sub>) em torno de 8,5 a 12,3 nos meses de Setembro e Novembro, respectivamente. O menor valor de setembro (seca) deve-se ao fato da IMS ser menor na época. Esses valores são maiores do que os encontrados no presente estudo para ambos os períodos, sendo maiores em aproximadamente 40% na seca e 38% nas chuvas. Primavesi et al. (2004), trabalhando com vacas leiteiras cruzadas, já haviam encontrado valores inferiores aos relatados pelo IPCC (2006), com valores de de 10,6 e 9,1 de metano *yield* para as lactantes e as vacas não lactantes.

Os resultados obtidos para Y<sub>m</sub> são semelhantes aos previstos pelo IPCC (2006) para bovinos em condições tropicais (6,5-7,5) para um ano, demonstrando que estudos de emissões de metano no Brasil devem, cada vez mais, analisar as diferenças climáticas, diferenças de sistemas produtivos. É preciso aferir equações para nossa realidade. Adicionalmente, mais pesquisas são necessárias para o entendimento da produção de metano entérico e de animais que são mantidos em pastagens tropicais.

Avaliando os sistemas integrados do presente estudo é possível afirmar que, a qualidade da pastagem está ligada a sustentabilidade e desempenho dos animais, onde, as características químicas influenciaram os tratamentos e foram capazes de obter maiores consumos de pastos nos tratamentos com menor idade de formação da pastagem, e animais mantidos em pastagens com qualidade inferior emitem mais metano por quilograma de matéria seca ingerida.

Este resultado justifica ainda a necessidade de se utilizar um maior horizonte de tempo de análise, com diferentes idades e cultivares de forrageiras visando a determinação de diferentes emissões potenciais do componente animal nos sistemas produtivos e comparações com outros indicadores que não apresentaram diferença no presente estudo.

## **1.7. Conclusão**

Sistemas integrados baseados em pastagem de primeiro ano (com 1 ano de formada) mostraram-se mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores perda de energia da dieta na forma de metano (Y<sub>m</sub>) e emissão de metano por kg de matéria seca ingerida.

## 1.8. Referências Bibliográficas

ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, T.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária: O modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2007 (*Circular Técnica 93*).

BARBOSA, F.A.; OLIVEIRA, V.T.; BICALHO, F.L.; LOPES, L.B.; FLORENCE, E.A. S.; MANDARINO, R.A.; AZEVEDO, H.O. Indicadores de sustentabilidade na pecuária bovina de corte – Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono. p.67-84, 2014. *In: Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*. Belo Horizonte - MG.

BARBOSA, M.A.A.F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECATO, U. Dinâmica da pastagem e desempenho de novilhos em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. *R Bras Zootec.* v.35, n. 4, p.1594-600, 2006.

BORGES, J.A.R.; OUDE LANSINK, A.G.I.M.; RIBEIRO, C.M.; LUTKE, V. Understanding farmers' intention to adopt improved natural grassland using the theory of planned behavior. *Livest. Sci.* 169, 163–174, 2014.

CANESIN, R.C. Frequência da suplementação de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagens. 2009. 119f. *Ph.D thesis* - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

CAPPELE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1837-1856, 2001.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. et al. 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: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.853

DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; LOURENÇO, A.J.; ALLEONI, G.F.; FRIGHETTO, R.S.T.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. Preliminary results on methane emission by nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. International methane and nitrous oxide mitigation conference, Beijing. *Proceedings...* Beijing: China Coal Information Institute,. p. 80-84, 2003.

DEIGHTON, M.H.; WILLIAMS, S.R.O.; HAN NAH, M.C.; ECKARD, R.J.; BOLAND, T.M.; WALES, W.J.; MOATE, P.J. A modified sulphur hexafluoridetracer technique enables accurate determination of enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. v. 197, p. 47–63, 2014

ESTEVES, S.N.; BERNARDI, A.C.C.; VINHOLIS, M.M.B.; PRIMAVESI, O. Estimativas da emissão de metano por bovinos criados em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. (*Circ. Técnica 65*).

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. *In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45., 2000, São Carlos, Programa e resumos...* São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

GARDNER, A.L. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção. Brasília: *IICA/Embrapa*, 1986. 197p

GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* v. 327, p. 812–818, 2010.

GOUVELLO, C. de; SOARES FILHO, B.S.; NASSAR, A. (Coord.). *Estudo de baixo carbono para o Brasil: relatório de síntese técnica: uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas*. Washington, DC: The World Bank, 2010. 288 p

KLFF. El nino impacta agricultura e traz cenário adverso: Os desafios para lidar com as mudanças climáticas. Ed. 12. São Paulo: KLFF, 2016. 64p.

HEIMANN, M ET AL. ENIGMA OF THE RECENT METHANE BUDGET. *NATURE* v. 476, p.157–158, 2011.

HOLTER, J.B.; YOUNG, A.J. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.2165-2175, 1992.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. 2006. p. 10.1-10.84.

KAMALI, F.P.; LINDEN, A van der; MEUWISSEN, M.P.M.; MALAFAIA, G.C.; ALFONS, G.J.M.; LANSINK, O.; IMKE, J.M. de B. Environmental and economic performance of beef farming systems with different feeding strategies in southern Brazil. *Agricultural Systems* v. 146, p. 70–79, 2016.

LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; VALENTIM, J.F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H.N. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *Animal* v. 8, n.08, p. 1255-1263, 2014.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. (Editors) *The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures*. International Grassland Congress; 1952; Pennsylvania: International Grasslands.

OLIVEIRA, C.C.D.; VILLELA, S.D.J.; ALMEIDA, R.G.D.; ALVES, F.V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P.G.M.D.A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Tropical Animal Health and Production*. v.46, n. 1, p.167-72, 2014.

PACIULLO, D.S.C; CASTRO, C.R.T.D; GOMIDE, C.A.D.M; FERNANDES, P.B.; ROCHA, W.S.D.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, n. 5, p. 598-603, 2011.

PARSONS, A.J.; ROWARTH, J.; THORNLEY, J.; NEWTON, J. Primary production of grass-lands, herbage accumulation and use and impacts of climate change, 2011. *In*:

Lemaire,G., Hodgson, J., Chabbi (Eds.), Grassland Productivity and Ecosystem Services.CAB Int., Wallingford, UK, pp. 3–18.

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

REIS, G.L.; LANA, A.M.Q.L.; MACEDO, T.M.; LANNA, R.M.Q.; MARTINS, T.L.T. Sistema silvipastoril: uma alternativa sustentável para a produção pecuária, *In: I Simpósio Internacional em sistemas Agroflorestais*. 2012. Workshop sobre sistemas agroflorestais, Uberlândia/BeloHorizonte-MG.

SALIBA, E.O.S.; FARIA, E.P.; RODRIGUEZ, N.M.; MOREIRA, G.R.; SAMPAIO, I.B.M.; SALIBA, J.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Use of Infrared Spectroscopy to Estimate Fecal Output with Marker LIPE®. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, S4:001, p.1-10, 2015.

SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba, 1979, p.384.

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. 443-51, 2009.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. v.18, n.2, p.104, 1963.

WANG, C.; HAN, G.; WANG, S.; ZHAI, X.; BROWN, J.; HAVSTAD, K.M.; MA, X.; WILKES, A.; ZHAO, M.; TANG, S.; ZHOU, P.; JIANG, Y.; LU, T.; WANG, Z.; LI, Z. Sound management may sequester methane in grazed rangeland ecosystems. *Scientific Reports*. 4, 2014.

## **2. AVALIAÇÃO DA ADOÇÃO DE BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE PECUÁRIA DE CORTE NA AMAZÔNIA.**

### **2.1. Resumo**

O cenário atual da pecuária nacional mostra baixa assimilação dos princípios de produção e incipiente incorporação das tecnologias existentes. Ações estratégicas para a melhoria da bovinocultura de corte são orientadas para o apoio ao produtor. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da implantação de projetos de boas práticas agropecuárias (BPA) nos indicadores de sustentabilidade, visando a eficiência nos aspectos econômico, produtivo, ambiental e social dos sistemas de pecuária de corte no bioma da Amazônia Brasileira. O experimento foi conduzido no município de Alta Floresta - MT, teve início em agosto de 2012. A abordagem técnica do projeto foi baseada em BPA e compreendeu uma implementação de gestão administrativa e econômica dentro da fazenda. Foram selecionadas 6 propriedades de pecuária de corte. Foram realizados diagnósticos e aplicados questionários abordando a capacidade gerencial do produtor, nível de conhecimento técnico, adoção de tecnologias na propriedade, manejo sanitário, reprodutivo, manejo alimentar, tipos de suplementos fornecidos, condições de água, animais e estruturas. Foram elaborados projetos de viabilidade técnica e econômica. Foram coletados os dados técnicos e econômicos das fazendas durante os anos de 2013 e 2014. Além disto, um estudo complementar foi realizado para avaliar como emissões de metano entérico nos sistemas intensificados (URT), em emissões com áreas de pastagens de baixa tecnologia (DEG). Verifica-se que a adoção de boas práticas agropecuárias (BPA) em Alta Floresta apresentou melhores indicadores do que os encontrados em fazendas que não aplicaram as BPA's. Além disto, as emissões de metano por kg de peso vivo foram menores para as URT, corroborando com uma necessidade de sistemas com mais adoção de tecnologia visando o melhor desempenho dos animais. Ao longo da implantação das tecnologias, verificaram-se diferenças dos períodos estudados, influenciando na produção e nos indicadores econômicos. A intensificação de sistemas produtivos aliado às Boas Práticas Agropecuárias geraram melhores indicadores de eficiência dos sistemas de produção, quando comparados a fazenda que não adotou as BPA's, com diferenças de margem bruta obtida de R\$ 749,39. A URT quando comparada com a fazenda proporcionou 16% de incremento produtivo em peso vivo.ha-1, com 2,05% de incremento da TIR e R\$ 335,92 no VPL entre os anos de 2013 e 2014 nas fazendas que adotaram as BPA. As boas práticas agropecuárias aliadas a URT proporcionaram ganhos no aspecto econômico, social e ambiental, como aumento em quase 5% da TIR nas pastagens intensificadas, gerando maior produtividade, manutenção de empregos em fazendas que estavam gerando margens brutas negativas na região e proporcionou reduções nas emissões de metano por kg de peso vivo na época da seca em 54%. Além disto, a conscientização dos produtores quanto da necessidade de uma melhor gestão da atividade da bovinocultura de corte, diante dos desafios sustentáveis atualmente impostos à pecuária, tornando a atividade pecuária produtiva e viável economicamente com uso de sistemas de produção integrados e mais intensificados. A adoção das BPA influenciaram nos indicadores de sustentabilidade trazendo benefícios ambientais, técnico-econômicos e sociais à pecuária de corte no bioma amazônico.

**Palavras Chave:** Amazônia; boas práticas agropecuárias; viabilidade; sustentabilidade

## **2.2. Abstract**

The current scenario of national livestock farming shows low assimilation of the production principles and incipient incorporation of existing technologies. Strategic actions for the improvement of beef cattle are aimed at supporting the producer. The objective of this work was to evaluate the impact of the implementation of good agricultural practices (GAP) projects on sustainability indicators, aiming at the efficiency in the economic, productive, environmental and social aspects of beef cattle breeding systems in the Brazilian Amazon biome. The experiment was conducted in the municipality of Alta Floresta - MT, started in August 2012. The technical approach of the project was based on GAP and comprised an implementation of administrative and economic management within the farm. Six beef cattle ranching properties were selected. Diagnoses were applied and questionnaires were applied, addressing the managerial capacity of the producer, level of technical knowledge, adoption of technologies in the property, sanitary and reproductive management, feeding management, types of supplements provided, water conditions, animals and structures. Technical and economic feasibility projects were developed. The technical and economic data of the farms were collected during the years of 2013 and 2014. In addition, a complementary study was carried out to evaluate as enteric methane emissions in intensified systems (URT), emissions with low-tech pasture areas (DEG). The intensification of productive systems allied to Good Agricultural Practices generated better indicators of efficiency of production systems, when compared to a farm that did not adopt as BPAs, with gross margin differences obtained of R\$ 749.39. The URT compared to a farm provided 16% increase in live weight.ha-1, with a 2.05% increase in internal rate of return (IRR) and R\$ 335.92 in net present value (NPV) between the years of 2013 and 2014 in the farms they adopted as BPA. As a good farming practice allied to the URT provided economic, social and environmental gains, such as an increase of almost 5% in IRR in intensified pastures, generating higher productivity, maintaining jobs in areas that generate negative gross margins in the region, and provided reductions in Emissions Of methane per kg of live weight in the dry season by 54%. In addition, awareness of the results regarding the need for a better management of beef cattle farming activity, the challenges of sustainability systems for livestock products, making livestock production productive and economically viable with the use of integrated production systems and more intensified. The adoption of GAPs influenced the sustainability indicators by tracing environmental, technical and social benefits in Amazon biome herding.

**Indexing terms:** amazon; good agricultural practices; viability; sustainability

### **2.3. Introdução**

O aumento do desempenho na pecuária de corte pode ser obtido mediante o uso de tecnologias como suplementação nutricional estratégica, adubação de pastagens, manejo e/ou irrigação de pastagens, integração lavoura, pecuária e florestas, melhoramento genético animal, controle sanitário, dentre outras.

Estudos sobre ecossistemas de pastagens nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, considerando os estoques de carbono no solo em comparação à vegetação nativa, indicam que, de modo geral, solos com pastagens bem manejadas e intensificadas ou sob sistemas de integração lavoura/pecuária podem acumular carbono, enquanto pastagens degradadas promovem a perda do carbono acumulado (Cerri et al., 2006; Jantalia et al., 2006; Macedo et al., 2012), representando perda de sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nas últimas décadas, o tema sustentabilidade tem ganhado mais destaque no cotidiano da sociedade pós-moderna (Vila, 2010).

O cenário atual da pecuária nacional mostra baixa assimilação dos princípios de produção, quando se atenta à sustentabilidade com, ainda, incipiente incorporação das tecnologias existentes. Existem muitos sistemas de produção com baixa taxa de lotação.

Mudanças climáticas podem influenciar na segurança alimentar, com destaque à diminuição de alimento disponível pelas baixas produtividades, afetando a estabilidade de produção de alimentos e a capacidade das pessoas acessarem alimentos com preços compatíveis às suas condições, podendo alterar seu hábito de consumo por bens substitutos (Schmidhuber e Tubiello, 2007).

A precária e aparente solução encontrada, ainda muito utilizada nas últimas décadas, é a expansão das áreas, ao invés de promover a melhora de áreas de pastagem exploradas. Ação inversa ao preconizado pela sustentabilidade e conservação do solo, que visa a sistemas eficientes com aumento dos indicadores da taxa de fertilidade, ganho médio diário, peso da carcaça, taxa de lotação e ganho por área, sem a necessidade de novos desmatamentos.

A adoção de tecnologias permite aumentar a produtividade e, conseqüentemente, reduzir o custo médio unitário, podendo aumentar o lucro por hectare; por tal motivo as propriedades quanto mais tecnificadas serão mais competitivas.

No processo de ocupação da Amazônia legal, a pecuária bovina se consolidou como uma das atividades pioneiras, caracterizando-se como uma atividade pouco tecnificada (TownSend et al. 2010), extensiva e de baixa lucratividade.

No atual cenário onde é crescente a demanda por terras, é necessário aumentar a eficiência da pecuária bovina a fim de liberar áreas para expansão da agricultura, vez que essa é necessariamente dependente de áreas maiores. Necessário ainda melhorar as práticas de manejo a fim de se reverter a tendência atual de degradação das pastagens e dos recursos hídricos (Barbosa et al., 2014)

O município de Alta Floresta-MT tem grande potencial para a implantação de um polo difusor de melhores práticas na pecuária bovina na Amazônia, por ser o principal polo dessa atividade do norte de Mato Grosso, por ter conseguido sair da lista do Ministério do Meio Ambiente de municípios críticos pelo desmatamento, e por já possuir projetos em execução no sentido da regularização ambiental e fundiária das propriedades rurais (Barbosa et al., 2014).

Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da implantação de projetos de boas práticas agropecuárias nos indicadores de sustentabilidade, visando à eficiência nos aspectos econômico, produtivo, ambiental e social dos sistemas de pecuária de corte no bioma da Amazônia Brasileira.

#### **2.4. Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no município de Alta Floresta – MT, teve início em agosto de 2012 e término em dezembro de 2014 e fora realizado em propriedades previamente selecionadas após reuniões com os produtores para que eles conhecessem os técnicos envolvidos, metas, objetivos do projeto e cronograma a ser executado para implementação de melhorias tecnológicas em fazendas da região, visando a implantação de um projeto piloto na região da Amazônia denominado projeto de “Pecuária integrada de baixo carbono”.

A abordagem técnica do projeto foi baseada no Guia de Boas Práticas Agropecuárias (BPA) - Bovinos de Corte, desenvolvido pela Embrapa (Valle, 2010), que compreende a implementação de gestão administrativa e técnico-econômica, implantação de uma área de pastagem intensificada com manejo adequado, suplementação estratégica, isolamento e preservação de áreas de preservação

permanente, implantação de um componente florestal visando à ambiência e ao bem estar animal.

Dentre os participantes, seis (6) produtores de pecuária de corte foram selecionados e disponibilizaram suas propriedades para que nelas fossem implantadas e demonstradas as boas práticas agropecuárias (BPA).

Primeiramente, realizou-se um diagnóstico inicial de cada propriedade, denominado de “Marco Zero”, para identificar-se o cenário no início dos trabalhos. Foi aplicado um questionário inicial com trabalho de campo para obter os dados de área da propriedade, quantidade de animais existentes, benfeitorias, capacidade gerencial do produtor e seus familiares, nível de conhecimento técnico, nível de adoção de tecnologias na propriedade, manejo sanitário, manejo reprodutivo, estoque de sêmen, manejo alimentar, tipos de suplementos fornecidos, condições de água, animais e estruturas.

Em seguida foram elaborados projetos de viabilidade técnica e econômica de cada propriedade, utilizando coeficientes técnicos recomendados para cada fazenda e a viabilidade da adoção dessas práticas em cada um dos cenários. Além disto, cada um dos produtores assumiram o compromisso formal de adotar as recomendações técnicas e de seguir as orientações visando às Boas Práticas Agropecuárias.

Ademais, foram implementadas as tecnologias de manejo de pastagens tais como adubação, pastejo rotacionado, suplementação proteica, energética e mineral por meio de suplementação múltipla, *creep feeding*, semiconfinamento, estação de monta, inseminação artificial em tempo fixo (cruzamento industrial entre animais da raça Angus e Zebuínos), treinamento de mão de obra e gestão administrativa com controle zootécnico e financeiro.

Após a realização dos diagnósticos Marco Zero, ainda em novembro de 2012, verificou-se que elas possuíam áreas ocupadas por pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*, as quais foram mapeadas, utilizando-se sistema de posicionamento global (*global positioning system*, GPS) e divididas em oito piquetes para implantação de unidades de referência tecnológica (URT) em cada uma das propriedades.

Coletaram-se amostras de solo, prescritas as recomendações de adubação e correção de solo. Em seguida, as áreas foram gradeadas, niveladas e corrigidas para o plantio das novas pastagens. O solo predominante na região é o grupo de podzólico (amarelo e vermelho-amarelo), e, em pequenos percentuais, Latossolos e Hidromórficos. De modo geral, são solos de baixa fertilidade de macro e micro

nutrientes, com baixo teor de fósforo e médios teores de potássio, cálcio magnésio e matéria orgânica. Assim, os solos necessitam de fertilização, para incrementar a produtividade agropecuária.

Foram intensificados 34,92 hectares por propriedade, número correspondente a 6,44% da área total de pastagem efetiva de cada fazenda. O custo médio de implantação foi de R\$ 2.067,89 (dois mil, sessenta e sete reais e oitenta e nove centavos) por hectare composto de pastagens, cercas elétricas, cochos, bebedouros e caixas d'água. Foi avaliado ainda o resultado zootécnico e econômico da UTR em comparativo com a média da fazenda. Na UTR foram colocadas as categorias de recria de bovinos de corte.

A adubação utilizada para a formação da UTR foi de 100kg de super triplo, 50kg de cloreto de potássio, 100 kg de ureia e 12 kg de semente de *Panicum maximum cv. Mombaça* por hectare. A adubação de manutenção nos anos subsequentes foi realizada de acordo com as taxas de lotação e análises de solo

Além das reformas destas áreas, foram realizados treinamento de capacitação da mão de obra envolvida para aplicações de ações de melhoramento da gestão administrativa e manejo das pastagens, além da adoção de estratégias de suplementação alimentar, envolvendo suplementação de proteína, energia e mineral.

Por meio de fichas de controles zootécnicos e econômicos, mensalmente, o produtor forneceu informações referentes ao sistema produtivo.

Utilizando-se o conceito de estudo de caso, descrito por Yin (1984), tendo como unidade de estudo cada propriedade de pecuária de corte, outra parte do trabalho foi desenvolvida. Os dados do sistema estudado foi proveniente de sistemas de pastejo com um rebanho com genética composta de Zebu (Nelore) e mestiças *Bos taurus x Bos indicus* provenientes de seis (6) propriedades. Uma destas propriedades (sistema de cria) ficou denominada como uma Fazenda de Baixa Tecnologia, por não ter implementado todas as tecnologias e manejos da maneira qual foram recomendadas. Por serem fazendas comerciais, outra propriedade acabou sendo vendida, por decisão do produtor e por dificuldades financeiras anteriores à implantação do projeto.

O primeiro experimento avaliou por análise descritiva os indicadores técnicos e econômicos da fazenda de Baixa tecnologia (controle) com as fazendas que implementaram as recomendações e tecnologias (Integrada). Nestas fazendas Integradas, foram comparadas a Unidade de referência tecnológicas (URT), com os dados médios da fazenda (incluindo os dados da URT). Somando-se um total efetivo de pastagem avaliado de 6.560 hectares, com desempenhos de 14.260 animais. Avaliou-se

comparativamente os anos nas seis propriedades participantes do estudo, onde a média de áreas de pasto foi 547 hectares e de 1.188 bovinos por propriedade. Este estudo foi realizado de Janeiro de 2013 a Dezembro de 2014.

Em outra parte da avaliação, para as áreas intensificadas (URT), de 5 propriedades, excluindo a fazenda controle, verificaram-se os indicadores técnicos e econômicos em três períodos (tratamentos); 1 - abril a setembro de 2013, 2 - outubro de 2013 a março de 2014, 3 – abril a setembro de 2014. O total de pastagem avaliado nas fazendas foi de 177,7 hectares com um efetivo de 1.877 bovinos, uma média de 35,5 ha de pastagens intensivas (URT) por fazenda e média de 125 animais.

Os dados produtivos e econômicos foram coletados em fichas de controle de campo, do *software* Prodap ProfissionalGP e planilhas, tendo sido analisadas com auxílio de planilhas eletrônicas.

A avaliação da viabilidade econômica foi baseada na metodologia conforme Barbosa et al. (2010). Utilizou-se os indicadores de margem bruta, lucro operacional ou margem líquida (receita total - custo operacional total).

Além disto utilizou-se ainda, como parâmetros de avaliação de investimentos, o valor presente líquido (VPL), diferença entre o valor investido e o valor resgatado ao fim do investimento, trazidos ao valor presente e a taxa interna de retorno (TIR), taxa que relaciona o valor investido com o valor resgatado ao fim do investimento, ou é a taxa de desconto a que os fluxos de caixa de um projeto de investimento devem ser descontados para que o VPL (Valor presente líquido) seja igual a zero, sendo:

$$VPL = F_0 + \sum_{i=1}^t \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Onde:

- $F_0$ : Fluxo de caixa ponto inicial;
- $F_i$ : fluxo de caixa no período  $i$ ;
- $i$ : número de períodos em que foi feito determinado fluxo;
- $r$ : taxa de juros corrente ao período  $n$ ;

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+r)^i} = 0$$

Onde:

- taxa de juros ou taxa de desconto;

- $F_i$ : fluxo de caixa no período  $i$ ;
- $I$ : período;

Foram calculados outros indicadores econômicos dos sistemas estudados: custo por cabeça (R\$) = custo obtido dividido pelo número médio de cabeças no período; lucro operacional/hectare (R\$) = lucro operacional obtido dividido pelo total de hectares utilizados na atividade.

#### 2.4.1. Emissão de metano entérico por bovinos

Para análise do impacto ambiental da pecuária na Amazônia e do incremento dado pelo projeto, um estudo complementar foi realizado para avaliar as emissões diárias de metano por bovinos em áreas intensivas de pastagens, ou seja, nos sistemas intensificados (URT), em comparação com a fazenda, em áreas de pastagens de baixa tecnologia (DEG), sendo esse o tratamento controle, onde foram estimadas a partir das análises de amostras de ar coletadas ao redor de suas narinas e boca, em um período de 24 horas por meio de câmaras de PVC instalado sob o pescoço dos animais, utilizando a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), a partir da captação de cinco dias de amostragem para cada animal em cada tratamento (Johnson e Johnson, 1995; adaptada por Primavesi et al. 2004).

A determinação da concentração de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub>, coletados nos tubos, foi realizada em cromatógrafos a gás equipados com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons (FID e ECD). Cromatogramas foram realizados imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo. Com os resultados, foram calculadas as emissões de metano em várias unidades: emissão de metano por animal por dia (g.CH<sub>4</sub>/animal/dia); emissão de metano por animal por ano (kg.CH<sub>4</sub>/animal/ano); emissão de metano em relação ao consumo de matéria seca (kg.CH<sub>4</sub>/kg.MSI), emissão de metano em relação ao ganho de peso diário animal (gCH<sub>4</sub>.kgGPV<sup>-1</sup>).

Por se tratar de propriedades com finalidade comercial, buscou-se trabalhar com os animais dentro da rotina existente na propriedade, visando a um resultado mais próximo da realidade, sem perder o controle necessário para as análises dos dados. Portanto, foram selecionados animais de idade estimada em 17 meses da raça Nelore, com peso médio de 251,5 kg.

Após os ensaios, as cangas de coleta em campo foram encaminhadas para a Embrapa Agrosilvipastoril, em Sinop-MT, onde foram diluídas com nitrogênio 5.0 (99,999% de pureza) e sub-amostrados para posterior envio à Embrapa Gado de Leite em Juiz de Fora – MG.

Os ensaios foram realizados em 2014 e os dados foram coletados em uma propriedade de recria de machos participante de projeto de “Pecuária de Baixo Carbono”. O primeiro ensaio foi realizado no período compreendido entre 25/06/2014 e 01/07/2014, representando o período de seca; já o segundo ensaio foi realizado no período compreendido entre 22/08/2014 e 30/08/2014, durante o período de chuvas.

Em cada um dos tratamentos, utilizaram-se animais em piquetes cuja pastagem era de baixa tecnologia (DEG) e pastagens tecnificadas (URT), chamados de animais “padrinhos” visando à formação de um grupo gregário.

As pesagens foram realizadas com os animais em jejum de água e comida por 16 horas, no mesmo dia de início dos ensaios de medição de metano. Os resultados de ganho de peso diário foram mensurados, subtraindo-se o peso anterior do animal e dividindo-se pelo número de dias.

Para a avaliação bromatológica das pastagens, foi realizada, no mesmo momento das amostragens de avaliação da disponibilidade, uma simulação manual de pastejo (Gardner, 1986). Foram coletadas duas sub amostras do pastejo simulado, no início e no final dos ensaios daquele período, cuja média foram as amostras para as análises química. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a secagem em estufa de ventilação forçada de ar à 55°C por 72 horas.

Após a secagem em estufa a 55°C, as amostras do pastejo simulado dos pastos URT e DEG, foram moídas em moinho com peneira de 1 mm, a seguir avaliadas por meio da análise da composição química, analisando-se por espectroscopia no infravermelho próximo (Near-infrared spectroscopy - NIRS) para a proteína bruta (PB), extrato etéreo, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade do FDN, cinzas e lignina.

**Tabela 2.1** - Composição química de pastagens da Unidade de Referência Tecnológica (URT) e a pastagem com baixa adoção de tecnologias (DEG), com base matéria seca, no período da seca e no período das chuvas, utilizadas para avaliação de metano em Alta Floresta – MT

---

	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	NDT*	Extrato Etéreo (%)
<b>Chuva</b>	<b>35,8</b>	<b>10,46</b>	<b>60,4</b>	<b>38,55</b>	<b>58,01</b>	<b>58,6</b>	<b>2,37</b>
DEG**	36,42	7,01	67,23	40,23	50,47	55,74	2,3
URT***	30,67	11,44	68,69	38,78	65,55	55,13	3,05
<b>Seca</b>	<b>41,72</b>	<b>7,75</b>	<b>70,79</b>	<b>40,49</b>	<b>50,69</b>	<b>54,26</b>	<b>2,54</b>
DEG**	45,07	6,2	73,79	42,64	46,57	53,01	2,51
URT***	38,37	9,3	67,79	38,34	54,80	55,51	2,57

\* NDT =  $83,79 - 0,4171 * \text{FDN}$  (Capelle et al., 2001)

\*\*\* DEG: Pastagem de *Brachiaria* spp. existente na propriedade em processo degradativo.

\*\*\* URT: Pastagem de *Panicum* spp. implantado nas propriedades como módulo intensificado de pastejo.

Para se obter a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), as amostras foram submetidas ao procedimento de digestibilidade *in vitro* de dois estágios, proposto por Tilley and Terry (1963). O consumo de matéria seca (CMS) foi estimado, utilizando-se LIPE<sup>®</sup> (Saliba et al., 2015) associado à digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de amostras de pastejo simulado em todos os tratamentos (Gardner, 1986).

Com os dados de emissões de CH<sub>4</sub>, em gramas por dia, acumulado até abate (peso de abate 540kg), gramas de CH<sub>4</sub> por quilograma de peso vivo e em quilogramas por ano, GMD, foi realizada uma simulação de desempenho e números de dias até o abate dos animais, visando a resposta de cada um dos sistemas estudados URT e pastagem DEG.

#### 2.4.2. Questionários do Perfil do Pecuarista

Foi elaborado um questionário visando avaliar o conhecimento e a aplicação das boas práticas agropecuárias nas propriedades, bem como o nível de entendimento pelos produtores antes e após a adoção das tecnologias.

O questionário foi respondido pela primeira vez pelos produtores no início dos trabalhos, antes da aplicação das Boas Práticas Agropecuárias (BPA's), porém, após algumas palestras sobre o assunto para dar conhecimento e familiarização pelos produtores.

As questões submetidas aos produtores foram divididas em tópicos, sendo os tópicos classificados em:

- Características da propriedade;
- Perfil do Pecuárta;
- Planejamento técnico;
- Planejamento financeiro;
- Controle e processos técnicos implantados;
- Controle e processos financeiros implantados;
- Gestão de recursos humanos;
- Gestão ambiental;
- Gestão do mercado.

O questionário foi aplicado novamente em dezembro de 2014, ao final do projeto, após a mensuração de indicadores individuais em cada uma das propriedades e dos indicadores compilados do projeto de Pecuária Integrada de Baixo Carbono.

#### 2.4.3. Análises Estatísticas

Os índices zootécnicos e econômicos foram comparados pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% e suas correlações pelo teste de Pearson. Os resultados considerados foram coletados durante o período da seca e águas em um ano e as análises feitas em cada período, considerando-se o efeito do tratamento (pastagem), além do efeito do tempo e interação entre eles. O delineamento foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 2x2, realizando-se o teste de Tukey a 5% de significância com três tratamentos de sistemas integrados e dois períodos.

Para os dados de emissão de metano foi considerado o nível de 10% de significância. Os dados foram analisados no software SISVAR 4.0 (Ferreira, 2000).

Os dados do questionário aplicado foram analisados pelo teste de Wilcoxon, adotando-se um nível de significância de 5%.

## 2.5. Resultados e Discussão

### 2.5.1. Indicadores de sustentabilidade produtivos, econômicos e ambientais

Ao analisar os indicadores de produtividade das propriedades com BPA, permitem caracterizar o sistema como semi-intensivo (Barbosa e Souza, 2007), pois as lotações médias foram acima de 1,6 UA/hectare.ano<sup>-1</sup> produzindo acima de 12 arrobas por hectare.ano<sup>-1</sup> (Tabela 2.2). A lotação média encontra-se aproximadamente 18% superior, quando comparada à lotação da propriedade denominada de Baixa Tecnologia e 180% a mais de @ produzidas por hectare, demonstrando melhorias para as fazendas.

Além disso, verificando-se a fazenda de Baixa Tecnologia, pode-se notar que, na média, todos os indicadores analisados: taxa de prenhez, mortalidade e lotação; e produção de arrobas, tiveram resultados inferiores aos resultados das propriedades que utilizaram as tecnologias indicadas. Entende-se este fato devido ao modelo tradicional de pecuária existente na região e principalmente nesta propriedade aliado a pouco ou nenhum controle dos indicadores e resultados.

**Tabela 2.2** – Índices zootécnicos de Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono (PIBC), em Alta Floresta – MT, obtidos no período de abril/13 a março /14.

	Integrada Média		Integrada Máximo		Integrada Mínimo		Baixa tecnologia
	Fazenda	URT	Fazenda	URT	Fazenda	URT	Fazenda
Número de Cabeças	1.156	139	3.153	154	338	136	526
Idade média de venda (meses)	34,0	NA	30,0	NA	38,0	NA	NA
Idade média ao abate dos machos (meses)	38,0	NA	36,0	NA	40,0	NA	NA
Idade média ao abate das fêmeas (meses)	28,5	NA	24,0	NA	36,0	NA	> 36
Taxa de prenhez (%)	85,33	NA	91,0	NA	80,0	NA	57,0
Taxa de mortalidade até desmama (%)	0,46	NA	0,13	NA	0,77	NA	1,54
Arrobas produzidas/hectare	12,06	21,58	15,6	27,34	7,44	17,67	6,69
Lotação (UA/hectare)	1,65	2,76	1,92	3,10	1,2	2,43	1,39

NA – não aplica, URT – unidade de referência tecnológica.

Ao comparar a URT com a média da Fazenda, obteve-se uma lotação 165% maior e produção de arrobas 178% superior à média da fazenda (Tabela 2.2). Esse aumento decorre da adubação realizada e da suplementação nutricional estratégica.

Pode-se inferir ainda que, a fazenda integrada com o menor resultado, a lotação da URT 2,43 UA/ha e 17,67 arrobas/ha produzidas, foram superiores à média da região de Alta Floresta que é de 1,12 UA/ha e 4,7 arrobas/ha/ano de acordo com Barbosa et al. (2015).

Analisando-se os valores máximos encontrados de 3,10 UA/ha e 27,34 arrobas/ha, para o primeiro ano de implantação e monitoramento, demonstrou-se a capacidade de aumento da produtividade por unidade animal e arrobas por hectare, mediante a tecnologia de manejo intensivo de pastagens, não sendo necessário desmatamento para implantação de novas áreas de pastagens.

Comparando-se os indicadores e os resultados econômicos de fazendas que aplicaram as BPA com os indicadores da propriedade de baixa tecnologia, obteve-se que o número de arrobas produzidas por hectare e a margem bruta por hectare apresentaram 12,06@/ha e 6,69 @/ha, e de R\$ 602,27, -R\$147,12 (Tabela 2.3) respectivamente para média das fazendas que adotaram as BPA em comparação com a fazenda de baixa tecnologia. Verifica-se ainda que a fazenda que não adotou as práticas, categorizada como baixa tecnologia, obteve uma margem bruta negativa, demonstrando que a pecuária não era rentável nessas condições, o que pode vir a depreciar todo o sistema produtivo se nada for feito.

Analisando-se os dados financeiros da URT em comparação à fazenda, nota-se que a maior produção de arrobas leva ao menor custo unitário da arroba apesar de maior necessidade de investimento e custeio por animal (Tabela 2.2). Com isso, ocorre maior margem de lucro (por hectare), variando de R\$/ha/ano 834,83 a 1.325,85, com uma média de R\$1.074,25 comparada à média da fazenda de R\$ 602,27/ha/ano.

Ao comparar-se a média da Fazenda de Baixa tecnologia, que não adotou as BPA, fica evidente o benefício da adoção dessas medidas, já que essa propriedade obteve prejuízo de R\$ -147,12/ha/ano, demonstrando que investir pouco e ter baixo custo (R\$/bovino/ano) não significa rentabilidade na atividade, além da tendência de se exaurir o patrimônio em médio ou longo prazo.

O resultado do fluxo de caixa das URT, em média foi positivo, e além deste resultado, após 18 meses de implantação da pastagem, foi possível obter retorno, ou seja, foi possível pagar todo o investimento e o custeio da atividade, com saldo positivo de R\$ 24.686,03.

Já a URT que obteve resultado negativo (R\$ -19.073,99) (Tabela 2.3) de resultado de caixa, foi uma propriedade que optou por realizar um investimento maior

em benfeitorias (cochos, área de lazer e caixa d'água), e que deverá ter um retorno do capital mais tardio, estimado após dois anos de implantação.

**Tabela 2.3** – Resultados financeiros de Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono (PIBC), com adoção de Boas práticas Agropecuárias e módulos intensificados em propriedades de Alta Floresta – MT, obtidos no período de abril/13 a março /14.

	Integrada		Integrada		Integrada		Baixa
	Média		Máximo		Mínimo		tecnologia
	Fazenda	URT	Fazenda	URT	Fazenda	URT	Fazenda
Investimentos – R\$/hectare	NA	2.067,89	NA	3.428,19	NA	1.725,99	1.824,00
Despesas – R\$	215.304,65	35.885,85	478.105,05	45.216,28	115.215,90	25.472,80	96.816,90
Receita – R\$	597.035,81	73.368,90	1.218.277,20	97.693,27	260.787,44	62.452,06	56.523,30
Resultado de Caixa – R\$	245.935,08	24.686,03	685.446,34	46.663,15	11.088,93	-19.073,99	-66.303,60
Custo operacional total – R\$/cab/ano	227,42	276,18	264,93	329,42	195,01	214,98	227,42
Custo operacional total – R\$/arroba	NA	48,89	NA	53,43	NA	44,58	NA
Margem bruta - R\$/ hectare	602,27	1.074,25	1.145,28	1.325,85	172,98	834,83	-147,12
Preço médio de venda – R\$/arroba	90,94	91,68	93,68	96,99	87,58	85,78	82,34

NA – não aplica, URT – unidade de referência tecnológica.

As médias de margem bruta (R\$/hectare/ano) URT e de fazendas, R\$ 1.074,25 e 602,27 por ano (Tabela 2.3), são superiores aos dados encontrados nos sistemas de produção pecuária brasileira que, normalmente, não passam de R\$ 200,00/hectare/ano, em sistemas mais extensivos.

O incremento tecnológico do sistema produtivo visa à sustentabilidade, além de retornos maiores da atividade. Euclides et al. (2007) discutiram sobre teste de adubação em pastagem de capim-tanzânia com 100 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, e como testemunha a adubação de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, determinando os benefícios líquidos adicionais da adubação, correspondendo em aumento na capacidade de UA por hectare (0,43cab.ha<sup>-1</sup>), uma produção adicional em peso vivo de 130,39 kg.ha<sup>-1</sup> ao ano e um benefício líquido de R\$92,43.ha<sup>-1</sup> ao final do ano.

Para a análise dos resultados obtidos no ano de 2013/2014, para as URTs (Tabela 2.4), o período de chuvas na região propiciou um maior suporte de animais nessas áreas (P<0.05), maiores quantidades de kg de peso produzidos. Todavia, em função do preço de venda não ser maior do que os demais períodos, os resultados de

margem líquida foram semelhantes durante o ano todo, gerando um resultado acumulado para margem líquida nas URT's no período de R\$1.114,38.ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.4** – Análise de indicadores de produção e resultados econômicos em sistemas de pastagens intensificadas (URT) em Projeto de Pecuária de Baixo Carbono, Alta Floresta - MT - Brasil.

Período	PV(kg/ha)	Lotação (UA/ha)	Peso Produzido (kg/há)	Custo operacional (R\$/há)	Margem Líquida (R\$/ha)	Preço de venda (R\$)	Custo operacional (R\$/kg)
Abr-Set-13	936,9B	2,87B	151,86B	259,16B	163,38A	2,75A	1,10B
Out-13-Mar-14	1553,4A	5,15A	404,22A	744,56A	585,95A	3,18A	1,82AB
Abr-Set-14	765,0B	2,61B	235,92AB	465,83B	365,05A	3,45A	2,10A
P	0,001	0,001	0,020	0,002	0,200	0,064	0,036

URT – unidade de referência tecnológica.

Foram encontradas altas correlações (0,76) entre o peso corporal produzido (kg/ha) e o custo operacional total (R\$/ ha) (P<0,05). Além disto, verificou-se altas correlações (0,898) entre o peso corporal produzido (kg/ha) e a margem líquida (R\$/ha) (P<0,05), indicando que a maior produtividade está relacionada à maior margem líquida, apesar do maior custo por área.

Durante o período de Jan/2013 a Dez/2014 não foram encontradas diferenças estatísticas (P>0,05) entre os índices zootécnicos e as taxas de lotação médias, 2,17 animais/ha e aproximados 755 kg de peso vivo/ha, contudo, este valor é maior do que os encontrados para a média nacional e em outras regiões. Foram produzidos uma média de 256,73 kg produzidos de peso corporal/ha e verificou-se uma taxa de mortalidade animal nas fazendas de 0,87% (Tabela 2.5).

**Tabela 2.5** - Indicadores de produção e resultados econômicos de fazendas em Projeto de Pecuária de Baixo Carbono, Alta Floresta - MT

Ano	PV/ha	Taxa de Mortalidade	PV produzido/há	Custo operacional/kg	Receita total/há	Margem líquida/há	TIR mensal (%)	VPL (R\$/ha)	Preço venda (R\$)
2013	774,75	0,83	237,30	1,87	986,86	432,07	1,44B	224,78B	2,94B
2014	736,50	0,92	276,15	2,21	1562,26	558,45	3,49A	560,70A	3,46A
P	0,5908	0,7335	0,4038	0,2886	0,0976	0,4654	0,0023	0,0064	0,0012

Não foi possível verificar diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os índices econômicos de custos operacionais totais e a margem líquida. O ano de 2014 apresentou um VPL maior, com R\$335,92/ha a mais que no ano de 2013 ( $P < 0,05$ ). Seguindo o mesmo resultado, a taxa interna de retorno (TIR) mensal encontrada foi maior em 2014 do que em 2013. Entende-se que, apesar de não apresentarem diferenças, a receita total.ha<sup>-1</sup> e a margem líquida.ha<sup>-1</sup>, no fechamento do ano, podem ter impactado no retorno financeiro da atividade.

Os resultados encontrados para margem líquida por hectare foram similares ao encontrados por Townsend et al. (2010), que testaram a reforma e a recuperação de pastagens degradadas em diferentes estágios na Amazônia e obteve resultados semelhantes, quando compararam o lucro operacional da adoção da referida prática. Os autores encontraram que a reforma, ou uso de sistemas integrados de lavoura-pecuária para amortização dos custos da implantação das novas pastagens, apresentou margens líquidas variando de R\$265.ha<sup>-1</sup> e R\$663.ha<sup>-1</sup> para pastagens com grau de degradação forte e pastagens recuperadas com nível excelente de resposta.

Além disto, no trabalho de Barbosa et al. (2016), foram diagnosticadas 130 fazendas de pecuária de corte em 4 regiões de MG - Nordeste, Norte, Triângulo e Central - onde foram levantados o perfil dos pecuaristas e das propriedades, bem como a gestão técnica, administrativa e ambiental da atividade. Este diagnóstico demonstrou que o pecuarista avaliado era de média escala (400 hectares de pastagem) e um sistema de criação extensivo com incorporação lenta e com baixa escala de tecnologias. A taxa de lotação média de 1,0 cabeça/hectare/ano ( $< 0,7$  UA/hectare/ano), demonstrou a necessidade de adoção de tecnologias para aumentar esse indicador e o ganho médio diário de peso, e poder reduzir a idade ao abate (acima de 30 meses de idade) e a idade à reprodução (acima de 3 anos de idade ao primeiro parto). Os indicadores econômicos médios demonstram que a atividade tem remuneração positiva (resultado de caixa e lucro operacional), mas com variações em função do sistema de criação e da própria gestão da atividade. Apesar do lucro operacional positivo (R\$/hectare), com médias dos sistemas de criação entre 30,74 a 119,36 R\$/ha/ano, os resultados apurados são baixos quando comparados à atividade de pecuária de corte mais intensiva ou a outras atividades agropecuárias. Estes resultados demonstram que a pecuária existente da região de Alta Floresta encontra-se com indicadores maiores dos que os encontrados por

estes autores para outras regiões. Portanto, verificam-se resultados positivos após a adoção das BPA's, melhorias em gestão e módulos intensificados para pastejo dos animais.

Analisando-se os dados avaliados na Tabela 2.6, do primeiro período em comparação com o segundo ( $P < 0,05$ ), verificou-se diferença estatística entre o peso dos animais, e para a IMS, onde, no período chuvoso o consumo foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.6** – Emissões de metano entérico para um sistema de recria de machos em Alta Floresta – MT em sistemas de pastagem com baixa adoção de tecnologia (DEG) e pastagens intensificadas (URT) durante período de seca e chuvoso no ano de 2014.

	Trat	PV*	IMS*	Emissões CH4**			
		Kg	Kg MS.dia <sup>-1</sup>	Kg.ano <sup>-1</sup>	g.dia <sup>-1</sup>	g.KgPV <sup>-1</sup>	g.KgMSI <sup>-1</sup>
<b>Seca</b>	DEG***	241,75aB	5,72aA	38,75	106,18	353,95aA	18,67
	URT****	274,25aB	6,23aB	27,78	76,11	161,94bA	12,46
<b>Chuvos</b>	DEG***	253,75bA	5,68bA	31,51	86,35	360,76aA	15,43
	URT****	299,50aA	6,70aA	36,69	100,52	268,07aA	14,95

PV – Peso Vivo; IMS – Ingestão de Matéria Seca; CH4 – Metano; URT – Unidade de referência tecnológica.

\*Letras minúsculas diferem entre linha pelo teste de Tukey a 5% de significância do erro. Letras maiúsculas entre linhas diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância do erro.

\*\*Letras minúsculas diferem entre linha pelo teste de Tukey a 10% de significância do erro. Letras maiúsculas entre linhas diferem pelo teste de Tukey a 10% de significância do erro.

\*\*\*DEG: Pastagem de *Brachiaria* spp. existente na propriedade em processo degradativo.

\*\*\*\*URT: Pastagem de *Panicum* spp. implantado nas propriedades como módulo intensificado de pastejo

As emissões de metano por quilograma de ganho de peso apresentaram diferenças quanto aos tratamentos no período da seca sendo esta medida de eficiência 54% menor para a pastagem de baixa tecnologia, fato que não foi observado na estação chuvosa (Tabela 2.6).

Esperava-se uma diferença nas emissões em g.kgMSI<sup>-1</sup>, porém, por se tratarem de fazendas comerciais, a diferença entre períodos estudados foi curta, e acredita-se que, mesmo com a chegada das chuvas, e pelas IMS terem em sua maioria apresentado resultados semelhantes, este indicador não foi influenciado, aliado, ao coeficiente de variação elevado em função da técnica utilizada. Vários trabalhos já utilizaram a técnica e identificaram possibilidades de melhorias, e foram atualizadas recentemente no trabalho de Berndt, et al. (2014).

A adequação de produtos às demandas e exigências dos mercados consumidores e por produtos ambientalmente corretos, que emitam menos metano equivalente (Pereira et al. 2015) deve sempre estar em conformidade aos padrões de qualidade, porém associadas ao lucro operacional do produtor e do desempenho dos animais.

Para tanto, buscou-se, de acordo com os dados encontrados, simular o tempo até o abate de um animal no sistema e suas emissões, com base nas emissões diárias de metano e no ganho de peso (Tabela 2.7), onde na URT o ganho médio diário foi de 0,422 kg.dia<sup>-1</sup>, superior ao ganho obtido (P<0,05) pela pastagem de baixa tecnologia, 0,269 kg.dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.7** – Simulação de desempenho em função das emissões de CH<sub>4</sub>, em gramas por dia, acumulado até abate, gramas por quilograma de peso vivo e em quilogramas por ano, ganho médio diário (GMD) e dias até o abate dos animais.

Tratamento	GMD Kg/dia	Dias até Abate*	Emissões de CH <sub>4</sub>			
			g/dia	Acumulado (g)	g.CH <sub>4</sub> /kg.PV	Kg ano
DEG**	0,27B	1200	92,80	111.356	309,3A	33,9
URT**	0,42A	766	89,87	68.835	191,2B	32,8

\*Peso vivo ao abate = 540 kg, \*\* Bioma Amazônico.

\*\*\*DEG: Pastagem de Brachiaria spp. existente na propriedade em processo degradativo.

\*\*\*URT: Pastagem de Panicum spp. implantado nas propriedades como módulo intensificado de pastejo

O tempo até o abate de animais, ao atingirem 540 kg (Tabela 2.7), demonstra que os animais no sistema tradicional levariam, após o desmame, em torno de 1.200 dias para serem abatidos, ou seja, quase quatro anos, enquanto os animais na URT seriam abatidos após 2,5 anos aproximadamente, agregando eficiência produtiva e menores níveis de emissão de GEE. No sistema de baixa tecnologia, o acumulado de emissão de metano é maior do que o acumulado para a URT. Além disto, após a liberação das pastagens pelos animais abatidos com menos tempo nas pastagens URT, abririam espaço para novos animais, produzindo mais quilograma de peso ainda neste sistema.

#### 2.5.2. Perfil dos Pecuaristas

Ao analisar as respostas dos questionários aplicados após a implantação das BPA's, nota-se diferença estatística ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2.8) para todos as estratégias comparadas ao primeiro questionário aplicado.

De acordo com Gonzaga et al. (2010), após a aplicação das Boas Práticas Agropecuárias, o produtor será capaz de desfrutar de vários benefícios, começando pela identificação e pela correção de pontos críticos existentes em seu sistema de produção e redução de perdas e má utilização dos produtos. Serão também capazes de minimizar os riscos do trabalho, reivindicações ambientais podendo melhorar a qualidade do produto, agregando valor e aumentando a competitividade no mercado.

A média obtida para os tópicos: planejamento técnico, controle de gado, planejamento financeiro, controle financeiro, gestão de recursos humanos, gestão ambiental e gestão do mercado antes da assistência técnica foi de 1, 1, 1, 1, 2, 2 e 2, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Já as médias após a assistência e o projeto foram: foi de 4, 4, 4, 4, 3, 3, e 3, respectivamente ( $P < 0,05$ ), conforme Tabela 2.8.

**Tabela 2.8** - Valores médios atribuídos pelos agricultores para os tópicos de planejamento técnico, controle de gado, planejamento financeiro, controle financeiro, gestão de recursos humanos, gestão ambiental e gestão do mercado classificados em 1-ruim, 2-regular, 3- bom, 4-muito bom antes e após a assistência técnica.

Estratégias	Antes da Assist. Técnica	Depois da Assist. Técnica
Planejamento Técnico	1 <sub>B</sub>	4 <sup>A</sup>
Controle de Gado	1 <sub>B</sub>	4 <sup>A</sup>
Planejamento Financeiro	1 <sub>B</sub>	4 <sup>A</sup>
Controle Financeiro	1 <sub>B</sub>	4 <sup>A</sup>
Gestão de RH	2 <sup>B</sup>	3 <sup>A</sup>
Gestão Ambiental	2 <sup>B</sup>	3 <sup>A</sup>
Gestão de mercado	2 <sup>B</sup>	3 <sup>A</sup>

\*Letras diferem entre linha pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância do erro

No trabalho de Barbosa et al. (2016), os autores diagnosticaram que houve grande variação entre os produtores quanto à aplicação de tecnologias em fazendas no estado do Minas Gerais, conceitos técnicos, perfil de gestão da atividade, entre outros fatores, confirmadas pelas grandes variações identificadas nos indicadores zootécnicos e econômicos das fazendas avaliadas. Em contraponto, os resultados para o presente experimento demonstram que houve aumento na capacidade de gestão do negócio que

permitiu, ainda, a alocação dos recursos produtivos de forma mais eficiente, o que leva a um aumento de produtividade e rentabilidade às propriedades, além de benefícios que envolvem as questões ambientais e sociais. Ou seja, é benéfica a adoção de boas práticas agropecuárias, sistemas mais intensificados e a adoção de práticas de gestão e controle da atividade, mudando conceitos tradicionais.

## **2.6. Conclusão**

A intensificação de sistemas produtivos aliado às Boas Práticas Agropecuárias gera melhoria nos indicadores de eficiência dos sistemas de produção, aliado à redução das emissões de metano entérico.

O período e a aplicação da BPA influenciaram na produtividade e nos indicadores econômicos das fazendas. As margens líquidas demonstram que a atividade de gado de corte na Amazônia Brasileira pode ser atrativa se aplicada a BPA.

As boas práticas agropecuárias também proporcionaram ganhos no aspecto social e na conscientização dos produtores da necessidade da gestão da atividade da bovinocultura de corte.

## **Agradecimentos**

Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono (PIBC), Instituto Centro de Vida (ICV), em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Embrapa Gado de Leite, Embrapa Agrossilvipastoril, projeto RumenGases e Projeto Pecos.

## 2.7. Referências bibliográficas

BARBOSA, F.A.; SOUZA, R.C. *Administração de fazendas de bovinos – leite e corte*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 342p.

BARBOSA, F.A.; SOARES FILHO, B. S.; MERRY, F. D.; AZEVEDO, H. O.; COSTA, W. L. S.; COE, M. T. C.; BATISTA, E. L. S.; MACIEL, T. G.; SHEEPERS, L. C.; OLIVEIRA, A. R.; RODRIGUES, H. O. *Cenários para a pecuária de corte amazônica*, 1 – ed. Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015, 146p.

BARBOSA, F. A.; LEAO, J.M. ; AZEVEDO, H.O. ; LAVALL, T.J.P. ; MAIA FILHO, E.B. ; ANDRADE JÚNIOR. J.M.C. DIAGNÓSTICO DA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE EM MINAS GERAIS. Ed. FAEMG. 1 ed. 2016. 147p.

BARBOSA, F.A.; OLIVEIRA, V.T.; BICALHO, F.L.; LOPES, L.B.; FLORENCE, E.A. S.; MANDARINO, R.A.; AZEVEDO, H.O. Indicadores de sustentabilidade na pecuária bovina de corte – Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono. p.67-84, 2014. *In: Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*. Belo Horizonte - MG.CAPPELE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1837-1856, 2001.

BERNDT, A.; BOLAND, T. ; DEIGHTON, M. H. ; GERE, J. I. ; GRAINGER, C. ; HEGARTY, R. S. ; IWAASA, A. . *Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants*. 1. ed. Wellington: Ministry for Primary Industries, 2014. v. 1. 166p .

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Sequestro de carbono em áreas de pastagens. *In: PEREIRA, O. G. et al. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM*, 3, 2006, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2006. p.73-80.

EUCLIDES, V. P. B.; COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M. et al. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.*, Brasília, v.42, n.9, p.1345-1355, 2007.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. *In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria*, 45., 2000, São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

GARDNER, A.L. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção. Brasília: *IICA/Embrapa*, 1986. 197p

GONZAGA, S. S.; SANTOS, J. L. S'A. *Boas práticas agropecuárias: um novo olhar sobre a competitividade da pecuária gaúcha*. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010.

JANTALIA, C. P.; TERRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de Brachiaria. *In: ALVES, B. J. R. et al. (Ed.). Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.

MACEDO, M. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; ZATORRE, N. P.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Impact of pastures, cropping and ICL systems on soil carbon stocks in the Brazilian Cerrados. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS*, 2, 2012, Porto Alegre. *Proceedings...* Porto Alegre: INRA; UFPR; UFRGS; USDA, 2012. p. 1-3.

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

SALIBA, E.O.S.; FARIA, E.P.; RODRIGUEZ, N.M.; MOREIRA, G.R.; SAMPAIO, I.B.M.; SALIBA, J.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Use of Infrared Spectroscopy to Estimate Fecal Output with Marker LIPE®. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, S4:001, p.1-10, 2015.

SCHMIDHUBER, J.; TUBIELLO, F.N. *Global food security under climate change*. PNAS, v. 104, n.50, p. 19703–19708, 2007.

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. Aspectos Econômicos da recuperação de pastagens na Amazônia Brasileira. *Amazônia, Ciência & Desenvolvimento*, v.5., n 10, 2010.

VALLE, E.R. *Boas práticas agropecuárias – bovinos de corte*. 2. Ed. Campo Grande, MS:Embrapa Gado de Corte, 2010. 67p.

VILA, F. Sustentabilidade econômica e ambiental da pecuária: uma abordagem sistêmica. In: VI Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Londrina, 2010. *Anais...* 209p. Disponível em: <  
<http://www.universidadedoleite.com.br/conteudo/77/2/24/Sustentabilidade-econ%C3%B4mica-e-ambiental-da-pecu%C3%A1ria>>. Acesso em: 10 jul. 2016

YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.1984.

### **3. CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Diante dos desafios sustentáveis atualmente impostos à pecuária, é possível tornar a atividade pecuária produtiva e viável economicamente com uso de sistemas integrados e mais intensificados.

Logo, a necessidade de abertura de novas áreas para pastagens pode ser substituída por mudança de conceitos e paradigmas, baseado no uso de tecnológicas existentes, como sistemas de produção integrados entre agricultura e pecuária. A intensificação da atividade pecuária associada à adoção de boas práticas agropecuárias (BPA) e ferramentas de controle e gestão melhoram os indicadores zootécnicos e econômicos e conseqüentemente, a eficiência dos sistemas de produção de pecuária de corte.