

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Veterinária da UFMG
Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Desempenho produtivo de bovinos cruzados em sistema de Integração Lavoura-
Pecuária

Patrícia Monteiro Costa

Belo Horizonte
2017

Patrícia Monteiro Costa

Desempenho produtivo de bovinos cruzados em sistemas de Integração
Lavoura-Pecuária

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: Fabiano Alvim Barbosa

Co-orientadores:

Ramon Costa Alvarenga

Venício José Andrade

Belo Horizonte
2017

C837d Costa, Patrícia Monteiro, 1984-
Desempenho produtivo de bovinos cruzados em sistemas de Integração
Lavoura-Pecuária / Patrícia Monteiro Costa. – 2017.
99 p. : il.

Orientador: Fabiano Alvim Barbosa
Co-orientadores: Ramon Costa Alvarenga, Venício José Andrade
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Bovino de corte – Criação – Teses. 2. Produção animal – Teses. 3. Desempenho produtivo – Teses. I. Barbosa, Fabiano Alvim. II. Alvarenga, Ramon Costa. III. Andrade, Venício José. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. V. Título.

CDD – 636.213 08

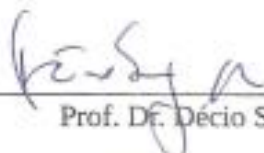
TESE defendida e aprovada em 8/2/12 pela Comissão Examinadora
composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Fabiano Alvim Barbosa
(Orientador)



Prof. Dr. Ângela Maria Quintão Lana



Prof. Dr. Décio Souza Graça



Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira



Dr. Miguel Marques Gontijo Neto



Dr. Paulo Henrique Silva Guimarães

*O coração do sábio adquire o conhecimento,
e o ouvido dos sábios procura o saber. Provérbios 18:15*

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Arrenil e Helenice pelo exemplo e amor incondicional

Aos meus irmãos, Douglas e Alana pela amizade e companheirismo

Ao meu sobrinho, Luís

Com todo meu amor

dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por guiar meus passos me concedendo sabedoria e coragem para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Arrenil e Helenice, pelo exemplo de vida, dedicação e cuidado, sempre me apoiando e me fazendo perceber que posso realizar os sonhos da minha vida.

Agradeço à minha irmã Alana, pela amizade e momentos de alegria. Ao meu irmão Douglas, minha cunhada Patrícia e meu sobrinho Luís que me ampararam em todos os momentos com muita alegria e amizade.

À Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária da UFMG, Departamento de Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do doutorado. À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Fabiano Alvim Barbosa, pelo exemplo de profissionalismo. Obrigada pelo apoio, confiança e por sempre transmitir um exemplo de orientador.

Ao Prof. Venício, por me aceitar como orientada, pela disponibilidade, dedicação e ensinamentos.

Aos meus amigos da UFMG Isabella, Juliana, Larissa, Flaviana, Ana Paula, Victor, Camila, Helber, Ângelo, Henrique, Paula e Camila Lobo pelo incentivo, amizade e paciência no decorrer do doutorado, pela ajuda nas na resolução de problemas e dúvidas. Aos meninos de IC Antônio, Saulo, José Mauro, Arthur, Nathalia, Paulo, Tiago e Márcio.

À Embrapa Milho e Sorgo, pela oportunidade de realizar o meu experimento de doutorado.

Ao pesquisador Ramon Costa Alvarenga, exemplo de dedicação, obrigada pelos valiosos conselhos, ajuda e amizade nas pesquisas da Embrapa.

Aos meus queridos amigos da Embrapa Milho e Sorgo Leronardo, Oswaldo, Sérgio, EneDir, Joaquim, Múcio, ao pessoal do Campos Experimentais: Marquinhos, Mário Angelo, Sr. Levi. Aos estagiários Cássio e José Paulo. E a todos que fizeram meu período de experimento mais leve e divertido.

Aos meus primos e amigos que tornaram essa jornada mais animada e menos estressante: Andressa, Thaís, Felipe, Adriano, Carlos Augusto, Luis Henrique, João Paulo, Luciana, Andreia, Camila, Sabrina, Yan e Murilo.

Aos meus tios Irenita, Antônio, Silvio, Rosane, Tia Beth e Tia Idelma e minha avó Francisca pela ajuda, apoio e carinho incondicional.

Enfim, a todos os demais familiares e amigos que mesmo não citados, foram importantes nesta importante etapa da minha vida e por tudo que representam na minha vida. Que Deus os abençoe grandemente, esteja sempre ao lado de cada um.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1. As mudanças climáticas e a produção animal.....	20
2.2 Sistemas de ILP e sustentabilidade.....	21
2.3. Potencial produtivo de sistemas de ILP no Brasil	24
2.4. Efeito dos grupos genéticos no aumento da produtividade de bovinos de corte...	25
2.5. Confinamento de bovinos de corte e utilização de dietas como forma de intensificação na pecuária brasileira.....	27
2.6. Metodologias de estimativas de emissão de metano entérico e formas de mitigação.....	29
3. REFERÊNCIAS IBLIOGRÁFICAS.....	32
<hr/>	
4. Capítulo I	
<hr/>	
4.1 Desempenho de bovinos cruzados recriados em sistema de integração lavoura-pecuária e terminados em confinamento.....	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS E DISSUSSÃO.....	53
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
<hr/>	
Capítulo II	
<hr/>	
4.2 Sistemas integrados como alternativas para produção sustentável de pecuária de corte no cerrado brasileiro.....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
INTRODUÇÃO.....	68
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADOS.....	81
DISSUSSÃO.....	85

CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99

LISTA DE TABELAS

Página

Capítulo I

Tabela 1.	Proporção de ingredientes e composição nutricional (%) – com base na percentagem de matéria seca dos suplementos fornecidos, composição bromatológica (%) –com base na percentagem de matéria seca das forragens,durante o pastejo nas épocas de seca e águas, e composição nutricional (%) – com base na percentagem de matéria seca das dietas oferecidas aos diferentes grupos genéticos em confinamento.....	47
Tabela 2.	Disponibilidade de matéria seca total (DMST), diaponibilidade de matéria seca potencialmente digestível (MSPd), taxa de lotação e oferta de forragem durante as estações secas e águas.....	54
Tabela 3.	Ganho médio diário (quilograma/animal/dia), nas estações da seca e das águas e peso corporal inicial e final de animais de dois grupos genéticos na recria.....	56
Tabela 5.	Ganho médio diário (kg por dia) de animais confinados em função da dieta e do grupo genético.....	57
Tabela 6.	Desempenho e características de carcaça de bovinos confinados em função da dieta e do grupo genético.....	58
Tabela 7.	Produtividade animal na recria em pasto no sistema de ILP e terminação em confinamento com uso de dieta de alto nível de concentrado e exclusivo concentrado.....	60

Capítulo II

Tabela 1.	Proporção de ingredients e composição nutricional com base na percentagem de material seca dos suplementos fornecidos.....	76
Tabela 2.	Composição bromatológica (%) com base na percentagem de matéria seca das forragens no período de pastejo nas épocas de seca e águas.....	77
Tabela 3.	Composição nutricional com base na porcentagem de matéria seca das dietas oferecidas aos diferentes grupos genéticos no confinamento.....	78

Tabela 4. Ganho médio diário nas estações da seca e das águas e peso vivo inicial e final de animais de dois grupos genéticos na recria em dois anos de avaliação.....	82
Tabela 5. Desempenho e características de carcaça de bovinos confinados em função da dieta e do grupo genético em dois anos de avaliação.....	83
Tabela 6. Produtividade da recria e total do sistema ILP.....	84

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

	Página
Figura 1. Dados climáticos referentes ao período experimental de Janeiro de 2013 a Setembro de 2014.....	45

Capítulo II

Figura 1. Vista aérea da Unidade Demonstrativa, onde são realizadas as rotações do sistema de Integração Lavoura-Pecuária –Embrapa Milho e Sorgo-Sete Lagoas-MG.....	72
Figura 2. Dados climáticos referentes ao período experimental mensurados na estação meteorológica situada na Embrapa Milho e Sorgo.....	74
Figura 3. Estimativa de emissão de metano de animais AN e CAN durante a recria e engorda na Embrapa milho e sorgo em dois anos de avaliação em kg por ano. AN: ½ Angus x ½ Nelore; CAN: ½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore.....	84
Figura 4. Estimativa de emissão de metano de animais AN e CAN durante a recria e engorda na Embrapa milho e sorgo em dois anos de avaliação em kg por dia. AN: ½ Angus x ½ Nelore; CAN: ½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore.....	85
Figura 5. Estrutura do solo com raízes em grande profundidade permitindo infiltração da água e aeração do solo.....	86

LISTA DE QUADROS

Capítulo II

Quadro 1. Esquema de rotação de culturas e forrageiras no sistema de Integração Lavoura-Pecuária, entre os anos de 2013 e 2015.....	72
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

@ – Arroba

AGV – Ácidos graxos voláteis

AN – Cruzamento de bovinos Angus x Nelore

AOL – Área de olho de lombo

CA – Conversão alimentar

Ca – Cálcio

CAN – Cruzamento de bovinos Charolês x Angus x Nelore

CEUA – Comitê de ética no uso de animais

CH₄ – Metano

Co – Cobalto

CO₂ – Gás carbônico

Cu – Cobre

CV – Coeficiente de variação

DIVMS – Digestibilidade in vitro da matéria seca

DMST – Disponibilidade de material seca total

EA – Eficiência alimentar

EE – Extrato etéreo

FAO – Organização da Agricultura das Nações Unidas

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

FDNi – Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível

Fe – Ferro

GEE – Gases do efeito estufa

GMD – Ganho médio diário

H₂ – Hidrogênio

ha – Hectare

I – Iodo

ILP – Integração Lavoura-Pecuária

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

Lig – Lignina

Lipe – Lignina purificada enriquecida

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

MS – Matéria seca

MSPd – Matéria seca potencialmente digestível

N₂O – Óxido Nitroso

NO₃ – Nitrato

Na – Sódio

NDT – Nutrientes digestíveis totais

NIDIN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro

NRC – National Research Council

P – Fósforo

PB – Proteína Bruta

PC – Peso corporal

PF – Peso final

PI – Peso inicial

S – Enxofre

SF₆ – Hexafluoreto de enxofre

Zn – Zinco

RESUMO GERAL

Foram conduzidos dois estudos com bovinos de corte em sistemas integrados. No primeiro estudo o objetivo foi avaliar o desempenho de bovinos cruzados recriados em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e terminados em confinamento. Esses animais eram alimentados com dietas de alto ou exclusivo concentrado. Foram utilizados bezerros desmamados cruzados, sendo AN ($\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nelore) e CAN ($\frac{1}{2}$ Charolês \times $\frac{1}{4}$ \times Angus \times $\frac{1}{4}$ Nelore) em delineamento experimental inteiramente ao acaso. Os animais foram recriados em pastagem oriunda de um ILP, recebendo suplementação (suplemento protéico na seca e suplemento mineral nas águas). No período das águas os animais AN apresentaram desempenho superior aos animais CAN com ganho médio diário (GMD) de 0,748kg e 0,490kg, respectivamente. A produtividade na recria no sistema de ILP foi de 926 kg ha⁻¹ de peso corporal no período de 11 meses. Posteriormente os animais foram confinados com dietas de alto concentrado ou exclusivo concentrado, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 \times 2 (tipos de cruzamento \times tipos de dieta). No confinamento independente da dieta avaliada, os animais CAN apresentaram menor ganho médio diário de carcaça, rendimento de carcaça e atingiram peso de abate inferior aos animais AN. A elevada produtividade no sistema ILP demonstra que essa estratégia aliada ao uso de cruzamentos, durante a recria e a terminação, pode ser indicada para a nova demanda de uma pecuária sustentável. No segundo trabalho objetivou-se avaliar os efeitos da integração da agricultura com a pecuária utilizando diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em dois anos consecutivos. Foi avaliado o desempenho dos animais dos grupos genéticos AN e CAN durante a recria a pasto em sistema de ILP e na terminação em confinamento recebendo dieta de alto concentrado, oriundas das culturas do sistema de ILP. Os animais foram recriados em pastagem do ILP, recebendo suplementação (suplemento proteico na seca e suplemento mineral nas águas no primeiro ano, suplemento proteico nas águas e seca no segundo ano). Foram quantificados o desempenho dos animais, os impactos sobre a produtividade do rebanho bovino. Foi estimada a emissão de metano entérico pelos bovinos (IPCC - 2006). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Os animais AN apresentaram na recria valor médio de GMD de 0,711 kg, superior aos animais CAN que apresentaram 0,545 kg de GMD, no entanto, no confinamento não foram observadas diferenças nos desempenhos dos animais. Os sistemas consorciados de ILP proporcionaram produção média de 38,41@ ha ano⁻¹. As estimativas de emissões de metano por kg de peso vivo produzido foram menores as que as encontradas em sistemas extensivos tradicionais de criação de bovinos. O aumento de produtividade no sistema é reflexo das estratégias como ILP, suplementação alimentar estratégica, correto manejo de pastagens e confinamento. O sistema de produção de bovinos em sistema de ILP é sustentável, já que apresenta maior produtividade, sem a necessidade que novas áreas sejam associadas para a produção animal e dessa forma pode reduzir desmatamento de áreas, diminuindo assim, impactos negativos ao meio ambiente.

Palavras-chave: bovinos de corte, cruzamento, metano, sustentabilidade, sistemas integrados

ABSTRACT

Two studies were conducted with beef cattle in integrated systems. The first study was aimed to evaluate the performance of crossbred steers in a crop-livestock integration system during the post-weaning stage and finished in the feedlot, fed high or exclusively concentrated diets. Weaned calves of two breed groups $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore and $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ \times Angus $\frac{1}{4}$ Nellore were allotted in a randomized complete design. During the dry season there were no differences in animal performance, but in the rainy season, the $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore animals showed higher performance than $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ \times Angus $\frac{1}{4}$ Nellore, with average daily gain of 0.748kg and 0.490kg respectively. The productivity in growing period was 926 kg ha⁻¹ of body weight in 11 months, in ILP system. Subsequently, the animals were confined and fed high-concentrate or concentrate-only diets, the experimental design was randomized complete, set in a 2 \times 2 factorial arrangement (type of cross \times type of diet). In confinement, independent of assessed diet, $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ \times Angus $\frac{1}{4}$ Nellore animals showed lower carcass average daily gain, carcass yield and slaughter weight than the $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore animals. The high production of kilograms in the system demonstrates that, associated with the use of crossbreeding during post-weaning and finishing stages, this strategy can be indicated for the new demand of a sustainable livestock activity. The second study was aimed at evaluating the effects of integrating agriculture with livestock using different beef cattle genetic groups in two consecutive years. The performance of animals of the AN and CAN genetic groups was evaluated during the post-weaning stage on pasture in a ILP system and during the finishing stage in the feedlot, where they were fed high-concentrate diets originating from the ILP system. In the post-weaning stage, animals were reared on a ILP system, receiving supplementation (protein supplement in the dry season and mineral supplement in the rainy season of the first year; protein supplement in the rainy and dry seasons of the second year). We evaluated animal performance and the impacts on the productivity of the cattle herd and estimated enteric methane emission by the cattle (IPCC - 2006). The randomized block experimental design was adopted. Angus animals showed an ADG of 0.711 kg during the post-weaning stage, which was higher than that of CAN cattle, whose ADG was 0.545 kg; however, no difference in animal performance was observed in the feedlot period. The intercropped ILP systems provided an average yield of 38.41 @ ha yr⁻¹. Methane emission estimates per kilogram of live weight produced were lower than those found in the traditional, extensive beef cattle rearing systems. The increased yield of this system is a reflection of strategies like ILP, strategic dietary supplementation, and proper pasture management and feedlot. Cattle farming in a ILP system is a sustainable activity, given its greater yield without the need for association of new areas for animal production, in addition to the consequent possibility of lessening deforestation, thereby reducing negative environmental impacts.

Key words: beef cattle, crossbreeding, integrated systems, methane, sustainability.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento da população mundial ocorrerá uma progressiva demanda de alimentos em todo o mundo (FAO, 2014). Mesmo com ganhos recentes em produtividade na agropecuária ainda existe carência de alimentos e muitas regiões já enfrentam cenários de fome e insegurança alimentar (Moraes et al., 2014). Estudos recentes sugerem que a produção de alimentos precisa praticamente dobrar para acompanhar as demandas e mudanças na alimentação especialmente devido ao aumento no consumo de carne e aumento do uso de bioenergia (Foley et al., 2011).

O grande desafio da agropecuária mundial é produzir alimentos, fibras e energia necessários, com as características exigidas pelo mercado sem afetar negativamente o meio ambiente. O Brasil tem potencial para suprir parte da demanda futura de alimentos, uma vez que pode aumentar sua produtividade sem a necessidade de abertura de novas áreas para a produção (Zen et al., 2008; Ray et al., 2013).

A pecuária no Brasil ocupa aproximadamente 220 milhões de hectares de pastagem e apesar de possuir o maior rebanho comercial do mundo e ser o maior exportador apresenta baixa produtividade com menos de 3,29 arrobas/ha/ano (Barbosa et al., 2015). Enquanto o país produziu 9,2 milhões de toneladas de carne bovina (MAPA, 2016) de um rebanho de 215 milhões de cabeças em 2015 (IBGE, 2016), os EUA produziram 10,8 milhões de toneladas de carne bovina de um rebanho de 89 milhões (USDA, 2016).

As pastagens são a base da alimentação do rebanho bovino brasileiro e a expansão da pecuária está associada ao desmatamento, relacionado a sistemas extensivos, pouco tecnificados e com baixos investimentos em manutenção de pastagens, o que gera discussões relacionando a produção de carne do país à destruição dos ecossistemas ambientais, degradação do solo, poluição dos recursos hídricos e emissão de gases do efeito estufa (GEE) (Zen et al., 2008; Barbosa et al., 2015). No entanto, a pecuária se encontra diante de uma nova realidade ambiental e econômica, sua expansão está limitada por políticas mais rigorosas de controle de desmatamento e busca por estratégias de mitigação de GEE. O que pressiona os produtores em busca de opções de intensificação sustentáveis (Ewers et al., 2009; Reis et al., 2012).

Dentro desse contexto, destacam-se sistemas sustentáveis que reduzam os riscos financeiros e produtivos como a Integração Lavoura Pecuária (ILP). No sistema de ILP ocorre diversificação com rotação e consorciação de atividades agrícolas e pecuárias de forma planejada em uma mesma área na propriedade rural em busca de benefícios para o produtor. Com o ILP o produtor pode produzir grãos, fibras, carne ou leite de forma mais intensiva e

explorar economicamente os produtos gerados pela utilização do solo durante todo o ano (Alvarenga et al., 2007; Leonel et al., 2009.)

Outras estratégias podem ser utilizadas para aumentos de produtividade como a terminação de bovinos em confinamento que é uma atividade que pode ser incorporada a sistemas integrados e também pode ser uma ferramenta eficiente para redução da emissão de metano por quilograma de carne produzida (Berndt, 2010; Capper e Bauman, 2013). Apresenta vantagens quanto ao aumento da escala de produção (arrobas/hectare/ano), retirada da categoria de engorda das pastagens na época da seca para entrada dos animais de recria, elevado ganho de peso dos animais durante período crítico do ano (seca), redução da idade ao abate, maior taxa de desfrute, venda do animal terminado em época onde a arroba do boi tende a ter preço mais elevado (entressafra) e melhor qualidade da carcaça (Barbosa et al., 2015).

A utilização de cruzamento também pode ser utilizada como forma de melhorar a eficiência da produção de carne, já que promove a heterose, incorporando genes desejáveis ao rebanho e ainda, a complementação de características desejáveis de duas ou mais raças. Bovinos de raças de corte cruzados são superiores em ganho de peso, atingem maior peso final, possuem maior precocidade e alto potencial de crescimento quando comparados a animais zebuínos puros. (Euclides Filho et al., 2004).

Ultimamente, o uso de dietas com teores elevados de grãos, teores acima de 60% da dieta, tem permitido maiores ganhos com o custo por arroba produzida menor. Apesar do maior custo (R\$/bovino/dia), as dietas de alto concentrado reduzem os dias de confinamento, devido ao maior ganho de peso e proporcionam aos animais melhor acabamento de carcaça, liberando espaço para a entrada de novos animais no confinamento e consequentemente, diluindo os custos fixos (Barbosa et al., 2013).

A intensificação do sistema produtivo utilizando modelos mais eficientes de produção de bovinos de corte, por meio da ILP, da suplementação nutricional estratégica, do confinamento e do cruzamento possibilita aumento da produtividade com maior aproveitamento de áreas e diminuição de desmatamento. Assim, estudos relacionados à sistemas integrados como ILP aliado a outras formas de intensificação são essenciais para o estabelecimento da atividade produtiva no país.

No primeiro estudo o objetivo foi avaliar o desempenho de bovinos cruzados recriados em ILP e terminados em confinamento alimentados com dietas de alto ou exclusivo concentrado. No segundo estudo o objetivo foi avaliar o desempenho de bovinos cruzados recriados em sistema de ILP, terminados em confinamento e alimentados com dieta de alto

concentrado e estimar a produção de metano entérico nesses sistemas em dois anos de avaliação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. As mudanças climáticas e a produção animal

A pesquisa sobre as mudanças climáticas e suas implicações é atualmente foco de grande interesse científico. Além dos esforços globais de pesquisa, há uma crescente necessidade de avaliar os impactos das mudanças climáticas na área de extensão agrícola (Herrero et al., 2013).

As questões mais frequentemente questionadas em relação às mudanças climáticas são sobre o impacto da agropecuária e de forma mais ampla, discussões sobre nossa cadeia alimentar. Em outras palavras, como a produção animal e, portanto, a produção de alimentos de origem animal e sua qualidade irão influenciar as mudanças climáticas através da produção de culturas e alimentos (Tubiello et al., 2015; Stevanović et al., 2017).

O mundo passa por mudanças climáticas devido ao aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE) que se dá principalmente pela queima de combustíveis fósseis associada ao desmatamento e mudanças no uso da terra que são relacionadas à agropecuária (Davin e Noblet-Ducoudré, 2010).

O Brasil possui o maior rebanho comercial bovino, com 215 milhões de cabeças (IBGE, 2016). A pecuária brasileira é especificamente alvo de críticas relacionadas ao aquecimento global, devido às emissões de gases com efeito de estufa. As críticas têm sido fundamentadas no desflorestamento para expansão de pastagens e nos baixos índices zootécnicos verificados em sistemas de exploração bovina baseados em pastagens degradadas ou que se encontram abaixo do seu potencial de produção (Steinfeld et al., 2006).

De acordo com a Organização da Agricultura das Nações Unidas (FAO) as emissões de gases de efeito estufa do setor pecuário representam 14,5% das emissões globais de gases efeito de estufa (Gerber et al., 2013). Dentre esses gases, os realmente significativos são o gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), sendo que o CH_4 produzido e emitido por ruminantes além de contribuir significativamente como GEE, está diretamente relacionado as alterações climáticas (Fraser et al., 2014).

Os bovinos produzem CH_4 através da fermentação ruminal, processo anaeróbio realizado pela fauna microbiana ruminal, em que, os carboidratos celulósicos são convertidos em ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV), e que são utilizados pelo animal como fonte de energia. Bactérias metanogênicas, presentes no rúmen, obtêm energia para seu crescimento ao utilizar hidrogênio (H_2) para reduzir CO_2 e formar CH_4 , o qual é eructado para a atmosfera (Cottle et al., 2011).

O CH₄ é um gás de efeito estufa que apresenta potencial de aquecimento 25 vezes maior que o do gás carbônico. A emissão global de metano de origem entérica corresponde cerca de 22% das emissões totais de metano gerada por fontes antrópicas, de modo a representar 3,3% do total dos gases de efeito estufa no mundo (IPCC, 2014).

Com a maior demanda por alimentos e maior pressão para a preservação dos recursos naturais busca-se estratégias contra as ameaças dos efeitos das mudanças climáticas e preocupações sobre o modo de mitigação das emissões de GEE (Schmidhuber e Tubiello, 2007; Baulcombe et al., 2009).

Apesar de o setor agropecuário contribuir com uma parcela significativa das emissões de GEE no Brasil, pode contribuir com uma parte dos esforços de mitigação necessários. Como o sequestro de carbono, o qual implica na retirada de CO₂ da atmosfera e estocagem de longa duração na biomassa da vegetação acima do solo e na subterrânea (raízes, microorganismos do solo) (Nair et al., 2010).

Como a maiorias das pastagens brasileiras encontra-se em processo de degradação, a recuperação dessas levaria a um aumento da produtividade sendo uma das opções para tornar a pecuária mais rentável e sustentável, e que poderia também mitigar as emissões de metano, reduzindo a quantidade de GEE emitidos por quilo de carne produzida (Bernardi et al., 2009; Berchielli et al., 2012; Silva et al., 2016; Barbosa et al., 2015).

A redução das emissões de metano pela pecuária relaciona-se com a melhoria do valor nutricional da dieta, ajustando o manejo das pastagens e adequada suplementação alimentar, ao aumento da capacidade produtiva dos animais, além de outras medidas que podem refletir na melhoria da eficiência produtiva e que resultaria em ciclos de produção mais curtos (Cottle et al., 2011).

Segundo Zen et al. (2008) o aumento da produtividade e o fornecimento de alimentos de melhor qualidade poderiam diminuir em 10% a emissão de metano por quilo de carne produzida. Desta forma, é imprescindível que ocorra a intensificação dos sistemas com melhoria de pastagens, fornecimento de uma suplementação alimentar, uso de estratégias com o semi-confinamento e confinamento, o uso de animais de alto potencial genético para maximizar o ganho de peso, obter maior rendimento de carcaça e precocidade de abate e utilização de sistemas alternativos como os sistemas integrados (Berchielli et al., 2012).

2.2. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária e a sustentabilidade

Atualmente, os países em desenvolvimento estão investindo na tecnificação e profissionalização da pecuária, em busca de aumento da produção de alimentos de qualidade a

um custo acessível aos consumidores. Desta forma, técnicas modernas e sustentáveis como a integração lavoura-pecuária (ILP) são importantes e permitem o desenvolvimento social e econômico sem comprometer o meio ambiente (Herrero et al., 2009; Vilela et al., 2011).

A principal fonte de alimentação para os bovinos no Brasil são as pastagens, porém essas encontram-se em processo de degradação devido a formação e manejo inadequado sem reposição de nutrientes, falta no controle da taxa de lotação e no gerenciamento da propriedade. O desempenho zootécnico médio do rebanho bovino brasileiro é baixo, quando se considera o sistema de ciclo completo, a produtividade média está em torno 3,29 arrobas (@) por hectare por ano (Barbosa et al., 2015).

A degradação dos solos incentivou pesquisas para a busca de sistemas produtivos e sustentáveis, harmonizando o aumento de produtividade vegetal e animal, com a preservação de recursos naturais (Balbino et al., 2011). Os sistemas integrados são capazes de melhorar as características físicas e biológicas das áreas de lavoura com a introdução de forrageiras. Isto devido as espécies de gramíneas deixarem grande quantidade de palhada na superfície e raízes no perfil do solo, o que contribuem para o aumento da matéria orgânica, melhorando a estrutura física do solo. Além disso, as raízes decompostas, deixam canalículos profundos favorecendo as trocas gasosas e a movimentação descendente da água (Flores et al., 2008; Macedo, 2009; Loss et al., 2011).

Com o sistema ILP as pastagens aproveitaram os resíduos de nutrientes deixados pela lavoura, aumentando a fitomassa vegetal e proporcionando aumentos de produtividade de forragem, que podem ser aliados ao confinamento e tornam a terminação de bovinos viável na entressafra, encurtando o ciclo de produção e liberando a área de pastagem para entrada de nova categoria animal (Alvarenga, et al., 2007; Vilela et al., 2011). Além disso, resíduos das culturas também podem participar da alimentação dos animais e a receita da venda desses pode amortizar os custos quando ocorrer baixos rendimentos nas safras em ano de seca (Herrero et al., 2009; Herrero et al., 2010). Outro benefício da ILP ao meio ambiente é a redução do uso de agrotóxicos, devido a quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas (Vilela et al., 2011).

Spera et al. (2009) estudaram a rotação de culturas de grãos com pastagens perenes subtropicais e temperadas e observaram que os resíduos vegetais se transformaram em matéria orgânica, em virtude de sua mineralização e diminuição da compactação do solo devido a reestruturação advinda do uso contínuo do sistema integrado.

Embora a ILP apresente efeitos favoráveis sobre a redução do risco de produção e de preço pela diversificação de atividades a elevada demanda por capital desses sistemas

aumenta o risco financeiro com isso é preciso delinear formatos que permitam estimar as interações entre os componentes lavoura e pecuária em função do custo desses sistemas integrados em relação aquela de sistemas especializados (Martha Júnior et al., 2011).

Cobucci et al. (2007) analisaram um sistema de ILP implantado em 2002 com sucessão de pastagem, soja, feijão e arroz e consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* em uma área de 100 ha. No período 2002/2003, a produção de carne na recria foi de 23,43 @/ha/ano, decorrentes das boas condições das pastagens proporcionadas pelo sistema ILP, a margem líquida foi de R\$313,49/ha/ano. No segundo ano a produção da recria foi de 24,78 @/ha/ano, entretanto, para as lavouras observou-se diminuição da produtividade, em consequência da menor produção de milho e arroz e maior custo de produção da soja, apesar disso a margem líquida foi de R\$ 353,86/ha/ano. No terceiro ano, a soja obteve menor rentabilidade em razão da menor produtividade e do menor preço de venda. Para as outras atividades a rentabilidade não alterou, cuja com margem líquida foi de R\$ 322,65/ha/ano. Os resultados evidenciam que o sistema ILP minimiza os riscos, devido à diversidade do sistema e mantém a rentabilidade ao longo dos anos.

Martha Junior et al. (2011) através de uma simulação analisaram economicamente a pecuária de corte em sistema extensivo ou em ILP e encontraram produtividade média anual da pecuária na ILP de 17,9 @/ha/ano, e a da pecuária no sistema extensivo de 7@/ha/ano. As margens líquidas no sistema de ILP foram de R\$ 1238,12 e no sistema de pecuária extensiva de R\$ 414,48, demonstrando o aumento da produtividade e de renda no sistema de ILP.

Gontijo Neto et al. (2010) avaliaram a viabilidade econômica de um sistema ILP em 24 ha composto pela pecuária, soja, milho grão e silagem de sorgo, em sucessão, rotação e consorciação de culturas. A produtividade na área foi de 28,9@/ha/ano e a margem bruta da pecuária no sistema foi de R\$1297,22/ha/ano. Esses resultados comprovam o potencial produtivo das tecnologias de integração lavoura-pecuária, aliando o conceito de produtividade, rentabilidade e sustentabilidade. Segundo os autores é possível mudar o perfil da propriedade rural mediante a implementação do sistema de ILP. Para isso são necessários o diagnóstico detalhado da propriedade e um planejamento de gestão que leve em consideração as potencialidades e limitações dos recursos da propriedade e econômicos disponíveis.

A minimização dos impactos negativos da agropecuária e a preservação da biodiversidade mundial vão depender do manejo e da intensificação empregada, devendo ocorrer uma transferência de tecnologias para a produção animal, melhorando a fertilidade do solo, com o uso mais eficiente dos nutrientes e aumentos de produtividade que reduzam o

desmatamento. Assim, a intensificação da agricultura e pecuária ocorrerá de forma ambientalmente sustentável (Tilman et al., 2011)

2. 3. Potencial produtivo de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária no Brasil

O manejo inadequado tornou-se um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da pecuária, nas diferentes regiões brasileiras (Balbino et al., 2011). A degradação das pastagens e dos solos é causada pelo manejo animal inadequado; a baixa reposição de nutrientes no solo; os impedimentos físicos dos solos e os baixos investimentos tecnológicos (Aidar e Kluthcouski 2003).

A ineficiência da alimentação dos bovinos nas estações de seca e as preocupações ambientais vem transformando a bovinocultura no país e em todo o mundo, com a busca pela intensificação do uso da terra e o desenvolvimento de sistemas sustentáveis com base na rotação de culturas anuais com pastagem. Os países em desenvolvimento estão investindo na melhoria dos aspectos sanitários e ambientais promovendo um aumento gradativo na produtividade dos rebanhos (Vilela et al., 2011; Herrero et al., 2010).

O sistema ILP possibilita aumento de produtividade e com a receita das lavouras e da pecuária, no curto prazo possível, cobrir os custos de implantação do sistema. A venda de animais gera receita melhorando o fluxo de caixa e a sustentabilidade do negócio (Sulc e Tracy, 2007; Flores et al., 2008).

Segundo Macedo (2009) sistemas de ILP que utilizam a pastagem em sucessão as lavouras, apresentam maior produtividade animal, com o adicional da produção de grãos, gera benefícios indiretos como os efeitos positivos na qualidade do solo e maior eficiência econômica do que sistemas pecuários extensivos.

A adoção do sistema de ILP como estratégia de produção pode melhorar a estabilidade de produção forrageira durante todo o ano. No período chuvoso, a produtividade das pastagens é alta, em virtude da melhoria da fertilidade do solo pelas lavouras. Na seca, além da palhada e dos subprodutos de colheita, os pastos recém estabelecidos permanecem verdes e com qualidade e quantidade para conferir ganhos de peso positivos (Alvarenga et al., 2007; Baggio et al., 2009) Além disso, os grãos oriundos das culturas podem servir de alimentos para os bovinos em confinamento (Herrero et al., 2010).

Turini et al. (2015) avaliando o desempenho produtivo e características de carcaça de 40 bovinos $\frac{1}{2}$ Angus+ $\frac{1}{2}$ Nelore, inteiros e castrados dentro de um sistema intensivo de ILP obtiveram ganhos de peso diário 0,886 kg/animal/dia para os bovinos inteiros e 0,703kg/animal/dia para bovinos castrados. Segundo os autores a disponibilidade de alimento

durante todos os períodos do ano possibilitou elevados ganhos médios diários para os animais em todos os períodos.

A pesquisa e as experiências em fazendas comerciais têm demonstrado que os sistemas de pastejo em área de ILP podem melhorar os retornos líquidos em até oito vezes, comparado ao sistema extensivo. O pastejo subsequente à produção dos grãos, quando a lotação animal é adequada não compromete a estrutura da pastagem nem a futura produção de grãos na área (Sulc e Tracy, 2007).

O manejo da propriedade em sistemas integrados deve ser realizado com o objetivo de se alcançar elevados rendimentos no componente animal ou vegetal. Sistemas que possuem interação de componentes como solo-planta-animal são complexos. Necessitam de conhecimentos que devem ser considerados para o planejamento das ações a serem desenvolvidas nas propriedades com sistemas integrados. Embora o sistema ILP apresente vantagens em relação aos sistemas de monocultivo seu sucesso depende de conhecimento sobre o sistema como um todo (Balbinot Junior et al., 2009 Martha Junior et al., 2011).

2.4. Efeito dos grupos genéticos no aumento na produtividade de bovinos de corte

O rebanho brasileiro é composto principalmente por animais zebuínos (*Bos taurus indicus*). Dentre eles, 80% são da raça Nelore ou mestiços de Nelore, devido suas boas características de adaptação ao ambiente. Porém a produção brasileira é marcada pela falta de padronização e baixa qualidade da carne bovina que podem ser creditadas, em parte, à elevada idade ao abate bem como ao acabamento e conformação inadequados (Ribeiro et al., 2008).

O cruzamento dirigido entre raças é importante, pois a utilização deste método resulta em melhores desempenhos nas características de importância econômica, características de carcaça e carne, bem como nas características reprodutivas. Cruzamentos entre raças com diferenças genéticas visa à exploração da heterose e da complementariedade entre as raças, que é maior quanto mais distante geneticamente. Além de permitir formar uma base ampla para o desenvolvimento de novas raças, os cruzamentos podem reter maior heterose, pelo aumento da proporção de genes em heterozigose nos indivíduos resultantes dos cruzamentos (Restle et al., 1999; Pereira, 2012).

O uso de raças europeias (*Bos taurus taurus*) de corte em cruzamentos ajuda a melhorar a carcaça e a qualidade da carne, além de reduzir a idade ao abate. Nos cruzamentos o genótipo zebu (*Bos taurus indicus*) colabora com sua rusticidade e adaptação a climas tropicais devido à sua maior tolerância ao calor e resistência a doenças e parasitas (Perotto et al., 2000; Euclides Filho et al., 2003).

Animais cruzados de corte devem ser utilizados em sistemas intensivos, incluindo cultivos em ILP, sendo abatidos precocemente. O maior consumo de forragem dos animais cruzados é compensado pelo ganho de peso, resultando em melhor conversão alimentar (Cruz et al., 2009). Melhorias no potencial genético dos animais e sua adequação ao ambiente de criação são essências para se alcançar maior eficiência dos sistemas de produção. É indispensável que o produtor ajuste os recursos genéticos as condições ambientais para a adequada exploração animal (Euclides Filho et al., 2003).

Barbosa et al. (2014) compararam o desempenho de animais da raça Tabapuã e de cruzamentos dos seguintes grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Red Angus x $\frac{1}{2}$ Tabapuã; $\frac{1}{2}$ Santa Gertrudes x $\frac{1}{4}$ Red Angus x $\frac{1}{4}$ Tabapuã e $\frac{1}{2}$ Santa Gertrudes x $\frac{1}{2}$ Tabapuã recriados e terminados a pasto. Os autores observaram que animais cruzados apresentaram em média de 27,31 kg a mais no peso a desmama e foram abatidos mais cedo que os animais puros Tabapuã. Os animais $\frac{1}{2}$ Red Angus x $\frac{1}{2}$ Tabapuã apresentaram desempenho superior aos animais puros e foram abatidos mais pesados, os animais $\frac{1}{2}$ Santa Gertrudes x $\frac{1}{4}$ Red Angus x $\frac{1}{4}$ Tabapuã e $\frac{1}{2}$ Santa Gertrudes x $\frac{1}{2}$ Tabapuã não apresentaram desempenho final superior aos animais puros.

Existem influências de fatores genéticos e ambientais sobre as características de interesse econômico na produção animal, já que a expressão das características fenotípicas é resultado da ação de seus genes, dos efeitos do ambiente e de suas interações. Consequentemente, não é viável sistema de produção animal com genótipos superiores se não forem dadas condições ambientais que permitam sua expressão genética (Bocchi et al., 2004).

Moreira et al.(2015) avaliaram o desempenho produtivo e econômico de bovinos cruzados recriados a pasto e terminados em confinamento, utilizaram bovinos oriundos dos seguintes cruzamentos $\frac{1}{2}$ Guzerá x $\frac{1}{2}$ Holandês; $\frac{1}{2}$ Guzerá x $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Simental x $\frac{1}{4}$ Guzerá x $\frac{1}{4}$ Holandês, os autores não observaram diferenças no desempenho dos animais na recria, mas quando se avaliou a fase de terminação os animais $\frac{1}{2}$ Simental x $\frac{1}{4}$ Guzerá x $\frac{1}{4}$ Holandês apresentaram desempenho superior e foram abatidos mais pesados, proporcionando menor custo da arroba produzida.

É possível existir diferenças na fisiologia ou no comportamento entre raças puras e cruzamentos e que essas diferenças possam influenciar as intensidades de emissões de metano por ruminantes. O uso de animais de alto potencial genético em sistemas intensivos é recomendado para alcançar elevado ganho de peso, obter maior rendimento de carcaça e precocidade de abate (Fraser et al., 2014).

O aumento do ganho de peso diário dos animais pode reduzir as emissões de metano por kg de peso vivo. O animal que se desenvolve mais rápido atingirá o peso de abate em uma

idade inferior. Com isso, menos alimento será utilizado na manutenção desses animais, e as emissões totais de metano ao longo do ciclo de vida, também podem ser reduzidas, o que resulta em menor CH₄ por kg de peso vivo ou por kg de carne bovina produzida. Devido à diminuição dos requisitos de manutenção ao longo do tempo, o CH₄ emitido por peso final em kg diminui, em termos absolutos e relativos, quando comparados à idade no abate (Cottle et al., 2011).

2.5. Confinamento de bovinos de corte e utilização de dietas concentradas como forma de intensificação na pecuária brasileira

Apesar de possuir o maior rebanho comercial do mundo e as tecnologias de produção existentes, a bovinocultura de corte brasileira apresenta índices de produtividade aquém do esperado (Barbosa et al., 2015).

O desempenho dos animais em pastagens nas estações chuvosa é adequado, já na estação seca a deficiência alimentar causada pela baixa quantidade e qualidade do pasto resulta em perda de peso dos animais (Vilela et al., 2011). Essa situação reflete em um abate tardio e qualidade de carcaça abaixo do exigido pelo mercado consumidor, além de alto custo de produção (Cardoso et al., 2004).

A maior demanda por proteína animal estimula o uso de confinamento para a engorda de bovinos. Recentemente nos sistemas de confinamento a utilização de dietas com pouca ou nenhuma participação de forragens vem sendo utilizada, estas dietas são constituídas totalmente de ingredientes concentrados, utilizando milho grão inteiro e concentrado peletizado e tem sido inserida em confinamentos no Brasil com desempenho satisfatório dos animais (Maia Filho et al., 2016).

Animais alimentados com dietas contendo maior teor de concentrado podem ter maior velocidade de crescimento, o que irá favorecer características qualitativas da carne, como maciez, já que atingem o ponto de abate precocemente (Costa et al., 2005). Essas dietas demandam menor produção e distribuição de volumosos e permitem rápido ganho de peso, alta eficiência alimentar e consequente diminuição no tempo de terminação (Barbosa et al., 2015)

O milho é um cereal que possui alto teor energético e elevada produtividade de energia líquida por hectare e é um alimento fundamental para os animais. Durante a fase de terminação ocorre maior exigência por concentração de nutrientes na dieta para que o animal possa apresentar elevado desempenho, qualidade de acabamento nas carcaças e padrão de conformação das carcaças e dos cortes cárneos (Beltrame e Ueno, 2011).

O uso de dietas com milho grão inteiro e pellets (100% concentrado) pode ser interessantes em determinadas situações, como em propriedades que não possuem infraestrutura para produção de volumosos ou processamento de grãos (Gorocica-Buenfil e Loerch, 2005). Essa dieta apresenta uma maior energia de ganho e aumento do rendimento de carcaça com adequado acabamento (Turgeon et al., 2010).

Mandarino et al. (2013) avaliaram bovinos Nelore e Nelore × Brahman submetidos a três diferentes tratamentos, com dietas de alto concentrado: 25% de silagem de milho + 75% de concentrado; exclusiva de pellets; e 85% de milho grão inteiro + 15% de pellets. Os autores não encontraram diferenças para eficiência alimentar e as dietas também não influenciaram nos rendimentos de carcaça dos animais.

Maia Filho et al. (2016) compararam o efeito de dietas compostas de silagem de *Pennisetum purpureum* com diferentes fontes energéticas: grão integral de milho e suplemento comercial peletizado; milho moído; polpa cítrica ou milho floculado como os ingredientes principais concentrados. Os autores observaram que animais alimentados com dieta de grão integral de milho apresentaram desempenho inferior com menor ganho médio diário e menor peso ao abate, no entanto, o ganho médio de carcaça, o rendimento de carcaça e as características de carcaça não apresentaram diferenças e as dietas podem ser utilizadas na alimentação de bovinos terminados em confinamento.

Alterações da composição da dieta têm sido propostas como um meio de reduzir as emissões de CH₄ e N₂O provenientes do metabolismo de bovinos (Beauchemin et al., 2008). Oliveira et al. (2013) sugeriram que a inclusão de concentrado na dieta de bovinos pode aumentar a eficiência de utilização de energia, o que reflete em menores perdas de metano em função da ingestão de energia bruta. O fornecimento de dietas com alta porcentagem de concentrado promove crescimento mais rápido e reduz os dias de terminação (Beauchemin et al., 2011).

Os ruminantes respondem de forma diferente às dietas, seu comportamento alimentar é adequado de acordo com suas necessidades nutricionais, principalmente de energia. Rações contendo elevados teores de concentrado podem resultar em menor consumo de matéria seca, uma vez que as exigências energéticas dos ruminantes poderão ser atingidas com menor consumo (Gonçalves et al., 2001).

Turgeon et al. (2010) avaliaram dietas de alto concentrado e de milho grão inteiro e observaram menor peso vivo final, menor ganho médio diário e menor ingestão de matéria seca na dieta com o milho grão inteiro, no entanto, a eficiência dessa dieta foi melhor, já que o ganho de peso em relação ao consumo de alimento foi maior.

O confinamento pode ser incorporado em sistemas integrados, além de ser uma ferramenta eficiente para redução da emissão de metano por quilograma de carne produzida (Berndt, 2010; Capper e Bauman, 2013). Apresenta vantagens quanto ao aumento da escala de produção, retirada da categoria de engorda das pastagens na época da seca para entrada dos animais de recria, elevado ganho de peso dos animais durante período crítico do ano, redução da idade ao abate, venda do animal terminado na entressafra e melhor qualidade da carcaça (Barbosa et al., 2013).

O desempenho de bovinos cruzados em sistemas de ILP, aliado à terminação dos animais em confinamento e utilizando dietas grãos oriundos das culturas dos sistemas integrados pode promover maior diversificação e encurtamento no ciclo de produção. Os pecuaristas podem diversificar seus lucros sem a necessidade de incorporar mais áreas ao sistema, preservando o meio ambiente.

2.6. Metodologias de estimativas de emissão de metano entérico e formas de mitigação

No rumen dos bovinos a população microbiana ruminal converte os carboidratos em ácidos graxos voláteis que são utilizados como fonte de energia, além de produzir amônia, utilizada para síntese microbiana e gerar energia na forma de adenosina tri-fostato (ATP) para o próprio crescimento microbiano (Berchielli et al., 2003). Nesse processo fermentativo também são produzidos o CO_2 e CH_4 e ainda nitrato (NO_3) e hidrogênio (H_2) sendo que este último sofre ação dos organismos metanogênicos, a fim de manter o pH do rúmen em níveis toleráveis, produzindo assim CH_4 (Schofield, 2000; Eun et al., 2004).

A produção de CH_4 é um processo natural da fermentação ruminal, porém resulta em diminuição da eficiência alimentar. Estas perdas que representam de 2% a 12% do consumo de energia bruta (EB), dependendo do tipo, qualidade e quantidade de alimento consumido (Lassey et al., 2011). A maior parte do metano é eliminada por eructação juntamente com CO_2 e outros gases, na proporção de 1/3 de CH_4 e 2/3 de CO_2 (Kozloski, 2002).

Ocorre uma variabilidade nas emissões entéricas de metano por ruminantes que pode estar relacionada a composição da dieta, a digestibilidade, ao tamanho de partículas e principalmente a quantidade e qualidade da forragem consumida. Essa variação também pode estar relacionada, ao tamanho do animal, a eficiência alimentar de cada indivíduo e as possíveis diferenças na flora ruminal (Primavesi et al., 2004).

Para a avaliação da emissão de CH_4 em ruminantes existem diversas técnicas e a maioria dos estudos para quantificar essa emissão é realizada através de câmaras respirométricas. Entretanto, apesar da alta precisão do método e da possibilidade da

quantificação de outros gases, as câmaras são caras de se construir e complexas para se operar e, naturalmente, não simulam o animal que se alimenta a pasto (Freetly et al., 2013).

Em sistemas a pasto, a emissão de CH₄ dos animais pode ser mensurada através da técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre SF₆ que foi desenvolvida em 1993 (Zimmerman, 1993), baseia-se no uso de um tubo de permeação ou cápsula, que é introduzido no rumem do animal e libera uma quantidade pequena e conhecida do gás traçador. O SF₆ liberado pela cápsula mistura-se aos gases da fermentação ruminal atuando como um traçador do gás metano produzido pelo animal (Berndt et al., 2012).

Na metodologia do SF₆, são utilizadas cangas e um cabresto por animal para a captação do metano pela respiração e eructação (Williams et al., 2012). Essa técnica tem sido utilizada com resultados satisfatórios. Inúmeros pesquisadores já utilizaram a técnica e identificaram possibilidades de aperfeiçoamento da sua precisão (Berndt et al., 2012).

A técnica do SF₆ apresenta razoável precisão quando usada em bovinos alimentados com dietas de alta proporção de volumosos e com restrição de consumo, porém, subestimou a emissão de metano em 4% comparada aos resultados obtidos em câmara respiratória, no entanto, a diferença não foi significativa (McGinn et al., 2006).

Existe ainda o modelo teórico de estimativa como ferramenta de previsão do volume de metano a ser gerado pelos animais em um período de tempo determinado. Modelos matemáticos, utilizados por inventários nacionais de emissão de metano, são baseados em grande número de dados, já que a mensuração direta de muitos animais seria onerosa e trabalhosa (Ellis et al., 2009).

O método de estimativa por modelos matemáticos foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em que se utilizam equações para as estimativas. Estes modelos podem ser utilizados de forma direta, relacionando-se o consumo de nutrientes à emissão de metano, ou pela estimativa da emissão a partir de descrições matemáticas da bioquímica da fermentação ruminal (Kebreab et al., 2006)

O cálculo da emissão de metano pelo IPCC é moderadamente simples e pode ser utilizado para comparação com os valores efetivamente determinados nos experimentos. Dentro destes princípios se estabeleceu o conceito do nível ou camada (Tier). Um Tier representa o nível de complexidade da metodologia que é adotada. Atualmente três tiers são fornecidos pelo IPCC. O Tier 1 é o método básico, Tier 2 intermediário e o Tier 3 mais complexo e dependente de outros dados do sistema (IPCC, 2006).

O Tier 1 é utilizado em situações onde não há disponibilidade de fatores de emissão específicos para o país, ou existe limitações quanto aos dados de atividade como, informações

sobre o uso da terra ou sobre os rebanhos. O Tier 2 é recomendado para situações onde existe a disponibilidade de fatores de emissão específicos para as principais condições do país ou região com maior detalhamento para os dados das atividades exercidas. O Tier 3 se refere ao uso de procedimentos metodológicos desenvolvidos especificamente pelo país, o qual pode incluir modelagem e maior detalhamento das medidas dos inventários (IPCC, 2006).

As estratégias de mitigação de GEE em bovinos têm sido pesquisadas e revisadas. A manipulação nutricional e microbiológica pode reduzir as emissões de metano entérico (Beauchemin et al., 2008; McAllister e Newbold, 2008). Existe a possibilidade da redução na produção do metano pela modificação da fermentação ruminal, diminuição do pH. O aumento da proporção de concentrados na dieta reduz as emissões CH₄, tanto como uma proporção do consumo de energia e quando expressa por unidade de carne produzida (Hristov, et al., 2013). Existe ainda a possibilidade de adição de lipídeos ou aditivos que modificam a microbiota do rúmen e diminuem a produção de CH₄ (Grainger e Beauchemin, 2011).

A utilização de animais mais produtivos, que sejam abatidos mais precocemente também são estratégias de mitigação. Animais que apresentam maior desempenho produzem menores quantidades de metano por unidade de produto gerado (Freetly et al., 2015). Zhou et al. (2009) relataram que animais com alta eficiência alimentar produzem menos CH₄ do que aqueles com baixa eficiência.

Além disso, existem as mudanças no uso da terra que podem contribuir para a redução da emissão de GEE como a recuperação de pastagens degradadas; sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF); Sistemas Agroflorestais (SAFs); sistema de plantio direto (SPD) e florestas plantadas, que aumentam a produtividade sem a necessidade de abertura de novas áreas e são potenciais estoques de carbono no solo (Plano ABC, 2012). Assim, a intensificação de sistemas de produção de carne, com melhoria das pastagens e na dieta dos animais pode contribuir para a mitigação da produção de metano por quilo de carne produzida (Berndt et al., 2012).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.25-58.

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

BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, L.S.S., et al. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém-anual e aveia-preta manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, n.2, p.215-222, 2009.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V., et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesqui. Agropec. Bras.*, 46(10) 2011.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; MORAES, ANIBAL; VEIGA, M., et al. Crop-livestock system: intensified use of agricultural lands/ Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Cienc. Rural*, v. 39, n.6, p.1925, 2009.

BARBOSA, F. A.; MAIA FILHO, G. H. B.; AZEVEDO, H. O., et al. Rentabilidade na Recria e terminação de bovinos em pastagem. In: *Encontro de aprimoramento da pecuária de corte: recria e terminação em pastagem*. Montes Claros, ed. 1, v. 1, p. 129-150, 2013.

BARBOSA, F. A.; BORGES, D. N.; CABRAL FILHO, S. L. S., et al. Desempenho de bovinos Tabapuã e seus cruzados em pastagens de braquiária no estado da Bahia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 66(1), 253-258. 2014.

BARBOSA, F. A.; SOARES FILHO, B. S.; MERRY, F. D., et al. *Cenários para a pecuária de corte amazônica*, Ed. 1., Belo Horizonte: Ed. IGC/UFMG, 2015, 146 p.

BAULCOMBE, D.; CRUTE, I.; DAVIES, B., et al. *Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture*. The Royal Society, 2009.

BEAUCHEMIN, K.A.; JANZEN, H.H.; LITTLE, S.M., et al. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Anim Feed Sci Technol.*, v. 23, p.663–677, 2011.

BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: A review. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.48, p.21-27, 2008.

BELTRAME, J.M.; UENO, R.K. *Dietas 100% concentrado com grão de milho inteiro para terminação de bovinos de corte em confinamento*. Guarapuava, Tese de Mestrado, Universidade Tuiuti do Paraná, 2011. 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tuiuti do Paraná, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G. et al. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações

volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, Santa Maria/RS. *Anais*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; SBZ, 2003.

BERCHIELLI, T. T; MESSANA, J. D ; CANESIN, R. C. Enteric Methane production in tropical pastures *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, v.13, n.4, p.954-968, 2012.

BERNARDI, A. C. de C.; VINHOLIS, M. de M. B.; BARBOSA, P. F.; ESTEVES, S. N. Renovação de pastagem e terminação de bovinos jovens em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP: resultados de 3 anos de avaliações. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, (Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento / Embrapa Pecuária Sudeste; 24). 23p. 2009.

BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2010. p. 121-148, 2010.

BERNDT, A.; PEDROSO A. F.; PEREIRA, L.G. R.; RODRIGUES, P.H. M.; ALMEIDA, R. G.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; FRIGHETTO, R. T. S.; OLIVEIRA, P. P A. *Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico. "Protocolo experimental."* 2012.

BOCCHI, A.L.; TEIXEIRA, R.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Idade da vaca e mês de nascimento sobre o peso ao desmame de bezerros Nelore nas diferentes regiões brasileiras. *ActaScientiarum. Anim. Sci.*, v.26, n.4, p475-482, 2004.

CAPPER, J. L. e BAUMAN, D. E. The Role of Productivity in Improving the Environmental Sustainability of Ruminant Production Systems *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, v.1, p. 469-489, 2013.

CARDOSO, G. C.; GARCIA, R.; SOUZA, A. L., et al. Desempenho de novilhos Simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 6, p. 2132-2139, 2004.

COBUCCI, T.; WRUCK, F.J.; KLUTHCOUSKI, J. et al. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. *Inf.Agropecu.*, v. 28, p. 25-42, 2007.

COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, n.1, p.268-279, 2005.

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

CRUZ, G.M.; RODRIGUES, A.A.; TULLIO, R.R., et al. Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desmamados recebendo concentrado em pastagem adubada de *Cynodondactylon* cv. Coastcross. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.1, p.139-148, 2009.

DAVIN E.L., DE NOBLET-DUCOUDRÉ N. Climatic impact of global-scale deforestation: Radiative versus nonradiative processes. *J Clim.*, v.23, n.1, p.97-112, 2010.

ELLIS, E.C; KAPLAN, J.O.; FULLER, D.Q., et al. Used planet: a global history. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v.110, p. 7978-798, 2013.

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Desempenho de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.5, p.1114-1122, 2003.

EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2. Viçosa, MG. *Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa*, p.55-82, 2004.

EUN, J. S.; FELLNER, V.; GUMPERTZ, M. L. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dualflow fermentors. *J. Dairy Sci.*, v. 87, p. 112-121, 2004.

EWERS, R. M.; SCHARLEMANN, J. P.W.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. Do Increases in Agricultural Yield Spare Land for Nature? *Glob. Chang. Biol.*, v.15, n.7, p.1716–1726, 2009.

FAO (2014), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es

FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.32, p.2385-2396, 2008.

FOLEY, J. A., RAMANKUTTY, N., BRAUMAN, K. A., et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342. 2011.

FRASER, M. D.; FLEMING, H. R.; MOORBY, J. M. Traditional vs Modern: Role of Breed Type in Determining Enteric Methane Emissions from Cattle Grazing as Part of Contrasting Grassland-Based Systems. *PloSone*, v. 9, n. 9, e.107861, 2014.

FREETLY, H. C., LINDHOLM-PERRY, A. K., HALES, K. E., et al. Methane production and methanogen levels in steers that differ in residual gain. *J. Anim. Sci.*, 93(5), 2375-2381. 2015.

GERBER, P.J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., et al. Tackling Climate Change Through Livestock—A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 2013.

GONÇALVES, A. L.; LANA, R. P.; RODRIGUES, M. T. et al. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas Contendo diferentes relações volumoso:concentrado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.6, p.1886-1892. 2001.

GONTIJO NETO, M. M. G.; ALVARENGA, R. C.; GARCIA, J. C. et. al. *Avaliação Econômica de um Sistema de Integração Lavoura-Pecuária*. SeteLagoas, 2010. (Circular Técnica 183).

GOROCICA-BUENFIL, M.A; LOERCH, S.C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 83, p. 705-714, 2005.

GRAINGER, C. e BEAUCHEMIN, K.A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167: 308–320. 2011.

HERRERO, M.; THORNTON, P. K.; NOTENBAERT, A. M. MSANGI, S., et al. "Drivers of change in crop-livestock systems and their potential impacts on agro-ecosystems services and human well-being to 2030" CGIAR System wide Livestock Programme, ILRI International Livestock Research, Nairobi, Kenya, 2009.

HERRERO, M.; THORNTON, P. K.; NOTENBAERT, A. M., et al. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems, *Science* 327:822-25, 2010. Disponível em: <www.sciencemag.org>. Acessado em: 19 dez. 2015.

HERRERO, M.; HAVLÍK, P.; VALIN, H., et al. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20888-20893. 2013.

HRISTOV, A. N.; FIRKINS, J. L.; DIJKSTRA, J., et al. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J. Anim. Sci.*, 91 (11): 5045-5069. 2013.

IBGE. Pesquisa pecuária municipal. In: SIDRA. IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: setembro de 2015

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006 (2006 Agricultural Census). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp>; Acessado em setembro de 2016. 2016

IPCC, Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O.; Pichs Madruga, R.; Sokona, Y.; et al. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 31 p. 2014.

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

KEBREAB, E.; CLARK, K.; WAGNER-RIDDLE, C., et al. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 135-157. 2006.

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

LASSEY, K.R. Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.142, n.2-4, p.120-132, 2007.

LEONEL, F.; PEREIRA, J. C., COSTA, M. G., et al. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. *R. Bras. Zootec*, 38(1), 166-176. 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesqui. Agropec. Bras.*, v.46, n.10, p.1269-1276. 2011.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *R. Bras. Zootec.*, v.38, p.133-146. 2009

McALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Aust. J. Exper. Agric.*, v.48, p.7-13, 2008.

McGINN, S.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; IWAASA, A.D.; McALLISTER, T.A. Assessment of the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer technique for measuring enteric methane emissions from cattle. *J. Environ. Qual.*, v.35, p.1686–1691, 2006.

MAIA FILHO, G. H. B.; BARBOSA, F. A.; EMERICK, L. L., et al. Carcass and meat traits of feedlot Nellore bulls fed different dietary energy sources. *Rev. Bras. Zootec.*, 45(5), 265-272. 2016.

MAPA. Ministerio da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2016/01/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-bate-recorde-em-2015>. Acesso Setembro 2016. 2016

MANDARINO, R.A.; BARBOSA, F.A.; CABRAL FILHO, S.L.S.; et al. Desempenho produtivo e econômico do confinamento de bovinos zebuínos alimentados com três dietas de alto concentrado *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 65, p. 1463-1471. 2013.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesqui. Agropec. Bras.*, v. 46, p. 1.117-1.126, 2011.

MORAES, A. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; LUSTOSA, S. B. C., et al. Research on integrated crop-livestock systems in Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 45(5SPE), 1024-1031, 2014.

MOREIRA, F. S.; OLIVEIRA, M. M. N. F.; VILLELA, S. D. J., et al. Desempenho produtivo e econômico de três grupos genéticos de bovinos recriados a pasto com suplementação e terminados em confinamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 67(1), 140-148. 2015.

NAIR, P.K.R.; NAIR, V.D.; KUMAR, M.; SHOWALTER, J.M. Carbon sequestration in Agroforestry systems. *Advagro.n*, v.108, p.237-307, 2010.

OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; et al. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Trop Anim Health Prod.*, v. 45, p. 1-6. 2013.

PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético aplicado a produção animal. 4ª Ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2012.

PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J.J.S.; MOLETTA, J.L. Características quantitativas de carcaça de bovinos Zebu e de cruzamentos *Bos taurus* x Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.6, p.2019-2029, 2000 (Supl. 1)

PLANO ABC. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura*: Brasília 2012.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. dos S., et al. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesqui. agropec. bras.*, v. 39, p. 277-283, 2004.

RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; WEST, P. C.; FOLEY, J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS one*, 8(6), e66428. 2013.

REIS, G.L.; LANA, A.M.Q.L.; MACEDO, T.M.; et al. Sistema silvipastoril: uma alternativa sustentável para a produção pecuária, In: I Simpósio Internacional em sistemas Agroflorestais. Workshop sobre sistemas agroflorestais, 2012.

RESTLE, J.; POLLI, V.A.; SENNA, D.B. Efeito de grupo genético e heterose sobre a idade e peso à puberdade e sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte. *Pes. Agrop. Bras.*, v.34, n.4, p.701-707, 1999.

RIBEIRO, E.L.A.; HERNANDEZ, J.A.; ZANELLA, E.L.; et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, n.9, p.1669-1673, 2008.

SCHMIDHUBER, J.; TUBIELLO, F. Global food security under climate change. *PNAS* 104 (50) 19703–19708. 2007.

SCHOLFIELD, P. Gas production methods. In: D'MELLO, J.P.F. Farm animal metabolism and nutrition. Wallingford: CABI Publishing, cap. 10, p. 209-232, 2000.

SILVA, R. O; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J. ; et al. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. *Nature Climate Change*, 2016.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.33, p.129-136, 2009.

STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., et al. Livestock's long shadow (p. 229). Rome: *FAO*. 2006.

STEVANOVIĆ, M., POPP, A., BODIRSKY, B. L., HUMPENÖDER, F., et al. Mitigation Strategies for Greenhouse Gas Emissions from Agriculture and Land-Use Change: Consequences for Food Prices. *Environmental Science & Technology*. 2017.

SULC, R.M.; TRACY, B.F., Integrated crop–livestock systems in the U.S. Corn Belt. *Agronom. J.* 99, 335–345; 2007.

TILMAN, A, D.; BALZERB, HILLC, C. J. e BELINDA L. Beforta a Global food demand and the sustainable intensification of agriculture *PNAS* vol. 108 | no. 50. 2011.

TUBIELLO, F. N.; SALVATORE, M.; FERRARA, A. F., et al. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990–2012. *Global Change Biology*, 21(7), 2655-2660. 2015.

TURGEON, O. A.; SZASZ, J. I. ; KOERS, W. C.; DAVIS, M. S., et al. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. *J AnimSci.*, 88:284-295, 2010.

TURINI, T.; RIBEIRO, E.L.A.; ALVES, S.J.; MIZUBUTI, I.Y.; et al. Desempenho de bovinos inteiros e castrados em sistema intensivo de integração lavoura-pecuária. *Cienc.Agrar.*, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 2339-2352, 2015.

USDA. United States Department of Agriculture. From where the Buffalo Roam: India's Beef Exports. Disponível em <http://www.ers.usda.gov/media/2106598/ldpm-264-01.pdf>. Acessado Novembro 2016., 2016.

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; MARTHA JUNIOR, G.B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p.143-170, 2001.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesqui.Agropec.Bras.*, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

WILLIAMS, S.R.O; MOATE, P.J.; HANNAH, M.C.; et al. Background matters with the SF6 tracer method for estimating enteric methane emissions from dairy cows: A critical evaluation of the SF6 procedure. *Animal Feed Science and Technology*, v.170, p.265-276. 2012.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; et al. 2008. Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE). Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Carbono_pecuaria_SumExec.pdf>. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

ZIMMERMAN, P.R., 1993. System for measuring metabolic gas emissions from animals. In: U.S. Patent and Trademark Office (Ed.), United States Pat. No. 5,265,618, 11p.

ZHOU, M.; HERNANDEZ-SANABRIA, E.; GUAN, L. L. Assessment of the microbial ecology of ruminal methanogens in cattle with different feed efficiencies. *Applied Environ. Microb.*, v. 75, n. 20, p. 6524-6533, 2009.

Capítulo I

4.1. Desempenho de bovinos cruzados recriados em sistema de integração lavoura-pecuária e terminados em confinamento

Patrícia Monteiro Costa⁽¹⁾, Fabiano Alvim Barbosa⁽¹⁾, Ramon Costa Alvarenga⁽²⁾, Sérgio Teixeira Guimarães⁽³⁾, Ângelo André Lampeão⁽⁴⁾, Larissa Kretli Winkelströter⁽¹⁾ e Isabella Cristina de Faria Maciel⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Avenida Antônio Carlos, n.º 6.627, CEP 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: pat_zoo@hotmail.com, fabianoalvimvet@hotmail.com, larissakretli@yahoo.com.br, isabellafmaciel@gmail.com

⁽²⁾Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG-424, Km 45, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, Brasil. E-mail: ramon.alvarenga@embrapa.br

⁽³⁾Zootecnista, Rua Professor Abeylard, n.º 330, CEP 35700-069 Sete Lagoas, MG. E-mail: sergiotguimaraes@ig.com.br

⁽⁴⁾Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Desenvolvimento Rural, Avenida Eduardo Mondlane, Bairro 5.º Congresso, Inhambane, Moçambique. E-mail: kikaslampeao@gmail.com

Resumo – O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de bovinos cruzados, recriados em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e terminados em confinamento, alimentados com dietas ou com alto nível ou exclusivamente de concentrado. Bezerros desmamados de dois tipos de cruzamento – $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nelore; e $\frac{1}{2}$ Charolês \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nelore – foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). No período das águas, os animais $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nelore apresentaram desempenho superior ao dos animais $\frac{1}{2}$ Charolês \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nelore, com ganho médio diário de 0,748 e 0,490kg, respectivamente. A produtividade na recria no sistema de ILP foi de 926 kg ha⁻¹ de peso corporal no período de 11 meses. Posteriormente, os animais foram confinados e alimentados com dietas com alto nível concentrado ou exclusivamente de concentrado, em DIC, com arranjo fatorial 2 \times 2. No confinamento, os animais $\frac{1}{2}$ Charolês \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nelore apresentaram valores menores de ganho médio diário de carcaça, rendimento de carcaça e peso ao abate do que os animais $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nelore. A elevada produtividade no sistema ILP mostra que essa estratégia, aliada ao uso de cruzamentos durante a recria e a terminação, pode ser indicada para a nova demanda de uma pecuária sustentável.

Termos para indexação: bovinos de corte, consumo alimentar, cruzamento industrial, intensificação, sistemas integrados.

Abstract – This study evaluated the performance of crossbred cattle reared in an integrated crop-livestock system and finished in feedlots, fed either a high concentrate or exclusively concentrate diet. Calves weaned from two crosses ($\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore; $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nellore) were distributed in a completely randomized experimental design. In the rainy season, the $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore animals presented superior performance to the $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nellore animals, with average daily gains of 0.748 and 0.490 kg, respectively. The productivity of animals reared in the integrated crop-livestock system was 926 kg ha⁻¹ of body weight during the 11-month period. Subsequently, the animals were confined in feedlots and fed high concentrate or exclusively concentrate diets in a completely randomized design with a factorial arrangement of 2 \times 2. In the feedlot, the $\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ Angus \times $\frac{1}{4}$ Nellore animals exhibited lower average daily carcass gain, carcass yield, and slaughter weight than $\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore animals. The high productivity observed in the integrated crop-livestock system suggests that this strategy and the use of crosses during rearing and finishing may help to meet the demand for sustainable livestock.

Index terms: Beef cattle, food consumption, industrial crossbreeding, intensification, integrated systems.

Introdução

O crescimento da população mundial exigirá maior demanda por produtos de origem animal (FAO, 2014). Diante disso, o grande desafio para o mundo é produzir mais alimentos de maneira sustentável. Busca-se maior produtividade de alimentos pelos sistemas agropecuários, sem que isso impacte de forma negativa o meio ambiente (Fraser et al., 2014).

No Brasil, as pastagens são a principal fonte de alimentação para os bovinos; no entanto, esses sistemas geralmente estão associados a baixos índices produtivos, em razão do manejo incorreto que leva à perda da produtividade e à degradação das pastagens. O uso do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), para a recuperação de pastagens em processo de degradação ou degradadas, tem sido prioridade e é, atualmente, uma política pública do governo federal brasileiro (Programa ABC, 2012). Além da recuperação de áreas degradadas, esta estratégia visa a sustentabilidade ambiental e é importante para o país, pois as restrições ambientais devem reduzir as áreas de expansão para a incorporação de novas pastagens (Latawiec et al., 2014). Além disso, a melhoria da pastagem com a ILP desempenha um papel digno de consideração na mitigação de gases do efeito estufa (GEE) (Wang et al., 2014).

A intensificação do sistema produtivo com uso de modelos mais eficientes de produção de bovinos de corte – por meio da ILP, da suplementação nutricional estratégica, do cruzamento de raças e do confinamento – possibilita o aumento da produtividade, com maior aproveitamento de áreas e diminuição de desmatamento (Godfray et al., 2010; Silva et al., 2016). O cruzamento entre as raças europeias e zebuínas é utilizado como forma de melhora da eficiência da produção de carne, pois aumenta o ganho médio diário na recria e encurta o ciclo de produção. O confinamento permite melhor controle da dieta e o monitoramento da resposta animal, além de liberar áreas de pastagens para outras categorias.

O milho consiste em um dos alimentos tradicionais mais empregados para suprir as demandas energéticas dos animais. A utilização de milho em grão inteiro (em dieta exclusiva de concentrado), na terminação, é uma alternativa para eliminar a forragem da dieta. Outras vantagens dessa dieta incluem a utilização de apenas um alimento e um concentrado, para bovinos de corte em terminação, e a redução dos gastos com a produção de volumosos, mão-de-obra, infraestrutura, entre outros, além da obtenção de maior relação de arrobas produzidas, com o menor consumo da dieta (maior eficiência biológica). Em razão da ausência de processamento, a taxa de passagem do milho inteiro é lenta, assim como a fermentação do amido, em comparação ao milho moído ou ao grão úmido (Schwartzkopf-Genswein et al., 2003). Assim, o milho em grão inteiro pode evitar as desordens ruminais que ocorrem com a produção excessiva dos ácidos orgânicos no rúmen; além disso, recomenda-se o uso de aditivos, para ajudara manutenção do pH ruminal (Gorocica-Buenfil et al., 2005).

Há escassez de informação relacionada aos sistemas de ILP e suas consequências sobre a produtividade de bovinos cruzados e terminados em confinamento, com o uso dos produtos da ILP, inclusive a terminação com utilização somente de grãos. Quanto a este aspecto, estudos relacionados a sistemas integrados como ILP, com a terminação dos animais em confinamento com uso dos produtos das culturas, são essenciais para o estabelecimento da atividade de pecuária bovina produtiva e sustentável no País. O conhecimento das interação entre os fatores é fundamental para otimizar o desenvolvimento e o estabelecimento dessas tecnologias.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho animal de bovinos cruzados, recriados em sistema de integração lavoura-pecuária e terminados em confinamento, alimentados com dietas ou com alto nível ou exclusivamente de concentrado.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no Município de Sete Lagoas, MG, Brasil, a 19°28'S, 44°15'W, e à altitude de 732 m. O clima da região é do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen-Geiger, ou seja, típico de savana. A temperatura média anual da localidade é de 21,2°C, e a pluviosidade média anual é de 1378,2 mm. A unidade de Referência Tecnológica em Integração Lavoura-Pecuária (URT-ILP) foi implantado em uma área de 22 ha, contemplando a rotação e consorciação de lavouras de milho, soja, sorgo e pastagem.

A área da pastagem foi dividida em quatro glebas, com aproximadamente 5,5 hectares cada e, desde 2005, adotou-se o sistema de rotação de culturas em plantio direto. Os piquete foram submetidos a uma sequência com produção de soja (*Glycine Max*), produção de milho (*Zea mays*) consorciado com *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) 'Marandu', produção de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) consorciado com *Megathyrsus maximus* 'Tanzania' e pastagem de *Megathyrsus maximus* 'Tanzânia' em rotação anual.

Os dados climáticos referentes ao período experimental (Figura 1) foram mensurados na estação meteorológica situada na Embrapa Milho e Sorgo.

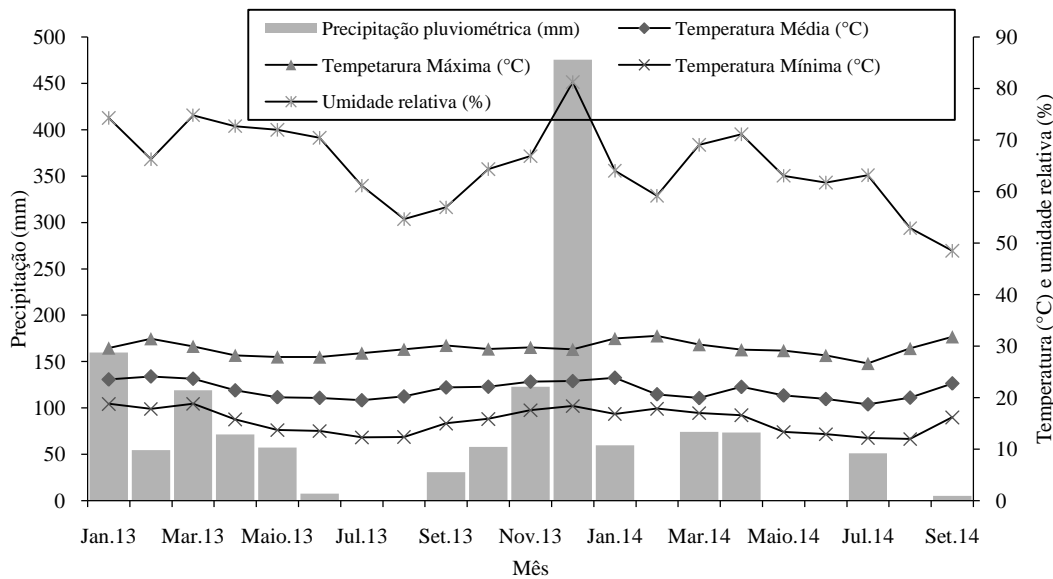


Figura 1. Dados climáticos, referentes ao período experimental de janeiro de 2013 a setembro de 2014, mensurados na estação meteorológica situada na Embrapa Milho e Sorgo, no Município de Sete Lagoas, MG, Brasil.

Os procedimentos experimentais do estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Federal de Minas Gerais (CEUA 326/2014). Avaliou-se bezerros desmamados, com sete meses de idade, de dois tipos de cruzamento – 20 animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore (AN) e 10 animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore (CAN) –, com peso corporal médio inicial de 157,20 (\pm 17,57) e 151,93 (\pm 13,30) kg, respectivamente. O número de animais não foi o mesmo, em razão da disponibilidade destes; assim, considerou-se, nas análises estatísticas, um delineamento inteiramente casualizado desbalanceado. Avaliaram-se os grupos genéticos no período de recria, em sistema de ILP.

O desempenho dos animais nas pastagens foi avaliado de julho de 2013 a maio de 2014. Durante o período da seca (entre julho e setembro de 2013), os animais pastejaram nas glebas remanescentes das lavouras. No período das águas (outubro de 2013 a maio de 2014), os animais

pastejaram na gleba composta por capim *Megathyrus maximus* 'Tanzania', formada na safra anterior em consórcio com o sorgo forrageiro, que foi subdividida em cinco piquetes, em um sistema rotacionado de sete dias de ocupação e 28 dias de descanso.

Os animais receberam suplementação à vontade, no período das águas e secas, com suplemento mineral e proteico, respectivamente (Tabela 1). O consumo de suplemento diário foi calculado com a divisão do total de suplemento consumido, pelo número de animais por dia, em cada período.

Realizou-se a coleta do pasto a cada 28 dias, por meio de cortes da forragem, que foram feitos rentes ao solo, conforme descrito por McMeniman (1997). As amostras colhidas foram pesadas e homogeneizadas, e uma subamostra foi retirada para posteriores análises da matéria seca potencialmente digestível (MSpd) (Paulino et al., 2008). A MSpd foi calculada pela equação $MSpd = [0,98*(100-FDN) + (FDN - FDNi)]$ em que: FDN é a fibra em detergente neutro; e FDNi é a fibra em detergente neutro indigestível. A FDNi foi obtida após incubação in situ de uma amostra da planta inteira, por 288 horas, no rúmen de um bovino fistulado (Valadares Filho et al., 2010). A fibra em detergente neutro (FDN) foi calculada pelo método 2002.04, de acordo com Latimer Jr. (2012).

Realizou-se a simulação do pastejo de cada piquete juntamente com a coleta da forragem, para a determinação do valor nutricional da forragem consumida pelos animais (Tabela 1).

Tabela 1. Proporção de ingredientes e composição nutricional (%) – com base na percentagem de matéria seca dos suplementos fornecidos, composição bromatológica (%) –com base na percentagem de matéria seca das forragens, durante o pastejo nas épocas de seca e águas, e composição nutricional (%) – com base na percentagem de matéria seca das dietas oferecidas aos diferentes grupos genéticos em confinamento.

Item (%) ⁽¹⁾	Suplemento no período da seca	Suplemento no período das águas
Milho moído	52	-
Ureia	10	-
Sal branco	25	55
Mineral	10 ⁽¹⁾	45 ⁽²⁾
Total	100	100
Matéria seca	88,57	91,96
Proteína bruta	32,89	-
Fibra em detergente neutro	8,40	-
Fibra em detergente ácido	2,33	-
Cinzas	29,43	21,80
	Forragem–período da seca	Forragem–período das águas
Matéria seca	49,90	32,19
Proteína bruta	8,69	16,02
Digestibilidade in vitro da matéria seca	55,48	62,67
Nutrientes digestíveis totais	56,63	58,20
Fibra em detergente neutro	68,10	65,79
Fibra em detergente ácido	33,11	31,03
Lignina	4,05	2,8
Extrato etéreo	3,04	2,03
Cinzas	8,93	8,11
Fósforo	0,19	0,22

	Dieta com alto nível de concentrado ⁽³⁾	Dieta exclusivamente de concentrado ⁽⁴⁾
Cálcio	0,84	0,64
Matéria seca	61,44	89,51
Fibra em detergente neutron	32,63	8,69
Fibra em detergente ácido	16,20	2,82
Lignina	2,32	0,12
Cinza	5,69	5,57
Proteína bruta	15,67	14,05
Digestibilidade in vitro da matéria seca	70,58	87,03
Nutrientes digestíveis totais	61,72	82,61
Extrato etéreo	4,06	2,14

⁽¹⁾Suplemento mineral: P, 152 g kg⁻¹; Ca, 202 g kg⁻¹; S, 26 g kg⁻¹; Mg, 30 g kg⁻¹; Na, 26 g kg⁻¹; Zn, 5.140 mg kg⁻¹; Cu, 1.300 mg kg⁻¹; Mn, 2.050 mg kg⁻¹; Co, 50 mg kg⁻¹; I, 50 mg kg⁻¹; Se, 20 mg kg⁻¹. ⁽²⁾Suplemento mineral: P, 85 g kg⁻¹; Ca, 110 g kg⁻¹; S, 10 g kg⁻¹; Mg, 10 g kg⁻¹; Na, 97,5 g kg⁻¹; Zn, 3.200 mg kg⁻¹; Cu, 1.200 mg kg⁻¹; Fe, 1.500 mg kg⁻¹; Mn, 1.200 mg kg⁻¹; Co, 50 mg kg⁻¹; I, 65 mg kg⁻¹; Se, 12 mg kg⁻¹. ⁽³⁾Alto nível concentrado: dieta com 66% concentrado e 34% volumoso; ⁽⁴⁾Exclusivamente concentrado: dieta com 85% milho e 15% péletes.

A oferta de forragem (kg de matéria seca 100 kg⁻¹ de peso corporal animal por dia) foi calculada pela razão entre a produção de forragem (kg dia⁻¹ de MS) e o peso corporal total dos animais. O ganho médio diário (GMD) foi calculado como a diferença entre o peso corporal final (PF) e o peso corporal inicial (PI) de cada período, dividido pelo número total de dias. A produtividade da área (kg ha⁻¹) foi calculada em função do GMD e do número de animais por hectare no período avaliado.

A determinação do consumo de matéria seca individual foi realizada em 10 animais de cada grupo, com uso do marcador externo Lipe (Produtos de Pesquisas Simões Saliba, Florestal, MG,

Brasil). A dose do marcador foi 0,5g por animal, por dia, durante sete dias, dos quais dois dias de adaptação e cinco dias de coleta de fezes, na primeira semana de janeiro de 2014, durante o período das águas. A determinação do teor de Lipe nas fezes foi realizada por espectroscopia do infravermelho próximo (Femto, modelo NIR 900 PLS, São Paulo, Brasil). A produção fecal foi calculada pela razão logarítmica das intensidades de absorção das bandas espectrais, nos comprimentos de onda a 1.050 cm^{-1} e a 1.650 cm^{-1} , conforme descrito por Saliba et al. (2015). A produção fecal (PF) e a matéria seca ingerida por dia (MSI) foram calculadas pelas seguintes fórmulas: $PF = \{[\text{Lipe administrado (g/dia)}] / [\text{teor de Lipe nas fezes (g kg}^{-1}\text{ de MS)}]\}$ e $MSI (\text{g dia}^{-1}) = \{[(PF / 1) - (\text{digestibilidade} / 100)]\}$.

As análises de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) foram realizadas conforme Tilley & Terry (1963).

No confinamento, os animais foram alocados em um curral composto de quatro baias coletivas de 20x12 m cada uma, equipadas com bebedouro e cocho. As baias tinham espaço suficiente para um adequado bem-estar animal, com área de 24 m^2 por animal em baias com 10 animais, e 48 m^2 por animal, para baias com cinco animais. O cocho de cada baia tinha 12 m lineares, com espaço de 1,2 m em média por animal, para baia com 10 animais, e 2,4 m por animal, para baia com cinco animais. Todos os animais tinham acesso livre ao alimento; dieta foi distribuída no cocho e não foi limitante no desempenho deles.

No confinamento, os animais foram divididos em quatro grupos, de acordo com o tipo de cruzamento e as dietas (Tabela 1), distribuídos da seguinte maneira: 10 animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore, que receberam dieta exclusivamente de concentrado, composta por 85% de milho em grão inteiro e 15% de suplemento comercial peletizado; 10 animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore, que

receberam dieta com alto nível de concentrado, composta por 34% de silagem de milho e 66% de concentrado; 5 animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore, que receberam dieta exclusivamente de concentrado; e 5 animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore, que receberam dieta com alto nível de concentrado.

A composição do suplemento comercial peletizado foi a seguinte: P, 9 g kg⁻¹; Ca, 45 g kg⁻¹; S, 4,8 g kg⁻¹; Mg, 5,4 g kg⁻¹; Na, 12 g kg⁻¹; Zn, 400 mg kg⁻¹; Cu, 80 mg kg⁻¹; Fe, 300 mg kg⁻¹; Mn, 200 mg kg⁻¹; Co, 3 mg kg⁻¹; I, 4 mg kg⁻¹; Se, 2 mg kg⁻¹; PB, 38%; nutrientes digestíveis totais (NDT), 50%; virginiamicina, 170 mg kg⁻¹; monensina, 150 mg kg⁻¹; vitamina A, 16.000UI kg⁻¹; vitamina D3, 100UI kg⁻¹; e vitamina E, 100UI kg⁻¹.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais por 29 dias, com consumo de matéria seca de 1,8% do peso corporal. A adaptação à dieta com alto nível de concentrado consistiu de 50% de silagem de milho e 50% de concentrado, inicialmente, com aumento gradativo do teor de concentrado até a proporção de volumoso: concentrado de 34:66 (na base da MS). A adaptação à dieta exclusivamente de concentrado consistiu de 50% de silagem de milho e 50% da mistura de milho de grão inteiro e suplemento peletizado, com substituição gradativa do volumoso até a sua completa remoção no dia inicial do experimento.

As dietas foram fornecidas ad libitum, divididas em dois tratos diários, às 8:00 e às 15:00 h para a dieta exclusiva de concentrado, e três tratos diários – às 8:00, às 11:00 e às 15:00 h – para a dieta com alto nível de concentrado. A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente, de forma a permitir sobras entre cinco e 10% do ofertado. As dietas e as sobras foram amostradas diariamente, para a confecção de uma amostra composta mensal, que foi analisada posteriormente.

A dieta foi formulada para o ganho de peso médio diário de 1,3 kg, conforme descrito por Valadares Filho et al. (2010). Determinaram-se os seguintes parâmetros: consumo de matéria seca (CMS), em quilogramas por dia e em percentagem do peso corporal; ganho médio diário (GMD); peso corporal inicial (PI); e peso corporal final (PF). O consumo de matéria seca por baia foi mensurado pela diferença entre a quantidade da dieta fornecida e das sobras (kg de MS), dividido pelo número de animais de cada baia. O GMD foi calculado como a diferença entre PF e PI, dividida pelo número total de dias. A conversão alimentar (CA) foi mensurada pela razão entre o CMS e o GMD.

Os animais foram abatidos quando atingiram peso corporal mínimo de 480 kg, tendo sido necessários 84 dias de confinamento, exceto para os animais CAN da dieta exclusiva de concentrado, que necessitaram de 103 dias para atingir o peso ao abate. O dia do abate foi determinado, quando os animais atingiram peso mínimo de carcaça de 240 kg e aproximadamente 90 kg de ganho de carcaça por animal, considerando-se 50% de rendimento de carcaça.

No dia do abate, os animais foram pesados de manhã, antes de serem enviados para o frigorífico, onde ficaram em um jejum de sólidos por 24 horas, com ingestão ad libitum de água. Todos os animais foram abatidos em frigorífico comercial, de acordo com procedimentos humanitários exigidos pela legislação brasileira.

O peso de carcaça quente (PCQ) foi registrado na balança do frigorífico imediatamente após a limpeza da carcaça. O rendimento de carcaça (RC) foi calculado pela razão entre o PCQ e o PF. O ganho de peso médio diário da carcaça (GMDc) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{GMDc} = \text{PCQ} - (\text{PI} \times 50\%) / \text{número de dias em confinamento}.$$

As amostras de forragem do pastejo simulado, dos suplementos, das dietas e das sobras do confinamento foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, no mínimo, e moídas em moinho tipo Willey (Alpax, Diadema, São Paulo, Brasil), em peneira com malha de 1mm. Determinaram-se, de acordo com Latimer Jr. (2012), os seguintes teores: matéria seca (MS) pelo método 934.01; proteína bruta (PB), pelo método 984.13; fibra em detergente neutro (FDN), pelo método 2002.04; fibra em detergente ácido (FDA), pelo método 973.18; nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN), pelo método 984.13; extrato etéreo, pelo método 920.85; e cinzas, pelo método 938.08. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados segundo equações sugeridas pelo National Research Council (NRC, 2001).

Para a avaliação do desempenho dos animais em pastagem, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. Para a avaliação do desempenho no confinamento e as características de carcaça, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x2 (tipos de cruzamento x dieta). Para as análises estatísticas, utilizou-se o PROC GLM do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA), e a comparação das médias foram realizadas pelo teste de Fisher e a 5% de probabilidade.

O modelo matemático para as variáveis de desempenho na recria foi $Y_{ij} = \mu + R_i + e_{ij}$, em que: Y_{ij} é a observação do animal j pertencente ao tratamento i ; μ é o efeito médio; R_i é o efeito fixo do tipo de cruzamento i , ($i = 1,2$); e e_{ij} é o erro aleatório associado a cada animal.

O modelo matemático para as variáveis de desempenho na terminação foi $Y_{ijk} = \mu + R_i + D_j + I_{ij} + e_{ijk}$, em que: Y_{ijk} é observação do animal k , pertencente ao tipo de cruzamento i e à dieta j ; μ é o efeito médio; R_i é o efeito fixo do tipo de cruzamento i , ($i = 1,2$); D_j é o efeito fixo da dieta j , ($i =$

1,2); I_{ij} é o efeito da interação entre o tipo de cruzamento i e a dieta j ; e e_{ijk} é o erro aleatório associado a cada animal.

Resultados e Discussão

Os valores encontrados quanto à matéria seca potencialmente digestível (MSpd), para cada período experimental, foram de 1.418,25 e 3.276,50 kg ha⁻¹, que correspondem a 55,34 e 60,02% da matéria seca total na seca e nas águas, respectivamente. Segundo Paulino et al. (2008), os valores indicados para a oferta de forragem em MSpd são de 4 a 5% do peso corporal (PC), para associar a produção por animal por área com a eficiência de uso da área. A oferta de forragem em MSpd foi de 13,69% de PC, na seca, e 8,32% de PC, nas águas, indicando alta disponibilidade de nutrientes passíveis de utilização pelas bactérias ruminais.

A elevada disponibilidade de MSpd, ocorrida durante o período experimental, pode ser resultado da adubação nitrogenada (150kg ha⁻¹ de N) realizada ao início do experimento e, principalmente, da utilização do sistema ILP (Tabela 2). Esses sistemas podem melhorar as características físicas e biológicas do solo, em razão da grande quantidade de palha e raízes deixadas pelas forrageiras, o que contribui para o aumento da matéria orgânica (Loss et al., 2011). A elevada produção da forragem propiciou uma lotação média de 2,8 UA ha⁻¹ no período experimental.

A oferta de forragem variou durante o período experimental, em razão das variações climáticas ocorridas na região, com média de 11,03 kg de MS 100 kg⁻¹ de peso corporal por dia. Hodgson (1990) sugeriu valores entre 10 e 12 kg MS 100 kg⁻¹ de peso corporal por dia, de oferta de forragem, como a oferta em que o consumo de matéria seca de pasto é máximo.

Tabela 2. Disponibilidade de matéria seca total (DMST), disponibilidade de matéria seca potencialmente digestível (MSpd), taxa de lotação e oferta de forragem durante as estações de seca e águas.

Estação	DMST (kg ha ⁻¹ MS) ⁽¹⁾	MSpd (kg ha ⁻¹ MS) ⁽²⁾	Taxa lotação (UA ha ⁻¹)	Oferta de forragem (%)
Seca	2562,81	1418,259	2,43	9,37
Águas	5412,67	3276,487	3,18	12,70

No período da seca, a oferta de forragem foi menor, pois, por se tratar de um período crítico na produção de forragem, a oferta de 9,37% se encontra próxima do limite para que não ocorra restrição do consumo (Sulc & Tracy, 2007). Esse fato pode ser constatado pelo desempenho dos bovinos que obtiveram GMD médio acima de 0,651 kg por dia, nesse período (Tabela 3).

O alto teor de PB da pastagem à época da seca (Tabela 1), junto com a adequada oferta de forragem, se atribui ao recente plantio da forragem e posterior utilização com elevado teor de matéria seca verde. Esta é uma característica de sistemas ILP bem manejados, com rotação de culturas em uma mesma área, que pode elevar os nutrientes do solo e proporcionar maior qualidade da forrageira (Macedo, 2009).

No sistema ILP, observou-se ganho de peso médio dos animais de 0,651 kg por dia, na estação seca (Tabela 3). A dieta dos animais consistiu de pasto e 0,08% do peso corporal de um suplemento proteico com 33% de PB (Tabela 1). A pastagem já fornecia teores adequados de PB, conforme descrito por Moore et al. (1991), que consideram 7% de PB como o mínimo para suprir as necessidades das bactérias ruminais, e que, abaixo desses teores, observa-se redução do consumo da digestibilidade da matéria seca da dieta. Os teores de PB e a oferta de forragem, junto

com a suplementação proteica, promoveram aporte adequado de nutrientes para os animais e permitiram que eles apresentassem ganho de peso elevado para o período.

No período das águas, a oferta de forragem (Tabela 2) e os teores de PB (Tabela 1) foram altos e não limitaram o desempenho dos animais; no entanto, observou-se um desbalanceamento da relação entre o teor de PB e a quantidade de NDT do alimento fornecido. O desbalanceamento dessa relação cria condições para uma limitação da síntese de proteína microbiana e para a ineficiência da utilização desta proteína, o que acarreta o comprometimento do desempenho animal (Detmann et al., 2008). Assim, os teores de energia da dieta podem ter limitado o desempenho desses animais.

O consumo de MS foi maior para CAN, no entanto, os animais AN apresentaram GMD 65,5% maior do que os animais CAN, no período das águas (Tabela 3). O menor desempenho de animais CAN pode estar relacionado à composição genética desses animais, que apresentam $\frac{3}{4}$ de sangue taurino e estavam menos adaptados às condições tropicais (Tucker et al., 2008); assim, apesar de apresentarem maior consumo, esses animais tiveram menor GMD, provavelmente em consequência do estresse térmico, em razão das altas temperaturas observadas no período (Figura 1).

Segundo o National Research Council (NRC, 1996), todos os animais homeotérmicos apresentam consumo de alimento inversamente proporcional à temperatura do meio ambiente (redução do consumo de cerca de 50% para temperaturas elevadas). A alteração do consumo de alimento, em razão da temperatura ambiente, é um dos mecanismos que possibilita ao animal regular sua temperatura corporal, dentro de um limite térmico compatível com sua atividade

metabólica. Assim, o animal diminui o consumo de alimento quando a temperatura é alta; este comportamento alimentar está associado aos mecanismos de perda de calor.

Tabela 3. Ganho médio diário (GMD (quilograma/animal/dia), nas estações da seca e das águas, e peso corporal inicial e final de animais de dois grupos genéticos na recria⁽¹⁾.

Item	Tipos de Cruzamento		Valor de p	CV(%) ⁽⁶⁾
	AN ⁽⁵⁾	CAN ⁽⁶⁾		
Peso inicial (kg)	157,20 a	151,93 a	0,4776	10,68
Peso final (kg)	397,65 a	323,21 b	<0,0001	7,00
Ganho médio diário - seca ⁽¹⁾	0,679 a	0,622 a	0,0865	19,38
Ganho médio diário - águas ⁽³⁾	0,748 a	0,490 b	<0,0001	11,35
Ganho médio diário médio ⁽⁴⁾	0,714 a	0,556 b	<0,0001	9,98
Consumo MS, % do peso corporal ⁽⁷⁾	2,00 b	2,16 a	0,0308	11,81
Consumo de MS, gkg ⁻¹ 0,75 ⁽⁸⁾	89,06a	81,63b	<0,0001	1,96
EA ⁽⁹⁾	0,10a	0,08b	<0,0001	5,07

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Ganho médio diário, entre julho de 2013 e setembro de 2013; ⁽³⁾Ganho médio diário, entre outubro de 2013 e maio de 2014; ⁽⁴⁾Ganho médio diário, nos períodos da seca e das águas. ⁽⁵⁾AN: bovinos em cruzamento industrial: ½ Angus x ½ Nelore. ⁽⁶⁾CAN: bovinos em cruzamento industrial: ½ Charolês x ¼ Nelore x ¼ Angus. ⁽⁶⁾CV: coeficiente de variação. ⁽⁷⁾Consumo de matéria seca, em percentagem de peso corporal. ⁽⁸⁾Consumo de matéria seca, em peso metabólico. ⁽⁹⁾EA: eficiência alimentar, em quilograma de ganho por quilograma de MS ingerida.

Os animais CAN consumiram maior quantidade de alimento e apresentaram maior energia de manutenção do que os animais AN; no entanto, apresentaram desempenho inferior, possivelmente como consequência das temperaturas elevadas, e a termorregulação ocorreu de maneira insatisfatória, tendo ocasionado a ação de mecanismos para a dissipação de calor, como

o aumento da frequência respiratória, ea elevação do gasto de energia que poderia ser utilizada pelo animal para a produção de carne (Façanha et al., 2013).

Durante o confinamento, o consumo de MS dos animais AN foi de 10,20 kg por dia (2,21% do peso corporal) e 8,03 kg por dia (1,77% do peso corporal), para as dietas com alto nível de concentrado e as dietas exclusivamente de concentrado, respectivamente. O consumo dos animais CAN foi de 9,85 kg por dia (2,64% do peso corporal) e 6,46 kg por dia (1,83% do peso corporal), para as dietas com alto nível de concentrado e as dietas exclusivas de concentrado, respectivamente.

Houve interação entre as dieta de os tipos de cruzamento somente para o ganho médio diário (GMD) (Tabela 4).

Tabela 4. Ganho médio diário (kg por dia) de animais confinados, em função da dieta e do grupo genético⁽¹⁾.

Dieta ⁽²⁾	Tipos de cruzamento		Valor de p			CV (%) ⁽⁵⁾
	AN ⁽³⁾	CAN ⁽⁴⁾	Dieta	Grupo genético	D x R	
Exclusivamente de concentrado	1,588aA	1,336aB	0,0053	0,8213	0,020	15,38
Alto nível de concentrado	1,654bA	1,957aA				

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Fisher a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Exclusivamente concentrado: dieta com 85% milho e 15% de péletes. Alto nível de concentrado: dieta com 66% de concentrado e 34% de volumoso. ⁽³⁾AN: bovinos de cruzamento industrial: ½ Angus x ½ Nelore. ⁽⁴⁾CAN: bovinos de cruzamento industrial: ½ Charolês x ¼ Nelore x ¼ Angus. ⁽⁵⁾CV: coeficiente de variação.

Os animais CAN apresentaram maior GMD com a dieta de alto nível de concentrado, porém, independentemente da dieta avaliada, os animais CAN apresentaram menor GMDc

(ganho médio de carcaça) do que os animais AN (Tabela 5). Os animais CAN no confinamento, alimentados com dieta de alto nível de concentrado, podem ter apresentado ganho compensatório quando receberam uma dieta de maior valor nutricional. O crescimento compensatório ocorre em animais que sofreram restrição alimentar suficiente para deprimir seu crescimento contínuo e que, quando voltam a receber alimentação adequada, no período de realimentação, tendem a apresentar taxas de ganho de peso superiores aos de animais de mesma idade e tamanho que não sofreram restrição (Barbosa et al., 2016).

Tabela 5. Desempenho e características de carcaça de bovinos confinados, em consequência da dieta e do grupo genético⁽¹⁾.

Variável ⁽²⁾	Tipos de Cruzamento		Valor de P	Dieta		Valor de p	CV (%) ⁽⁷⁾
	AN ⁽³⁾	CAN ⁽⁴⁾		Exclusivamente de concentrado ⁽⁵⁾	Alto nível de concentrado ⁽⁶⁾		
PI, kg	397,650 a	323,21 b	<0,0001	376,04 a	380,500 a	0,3046	7,27
PF, kg	532,250 a	475,07 b	0,0003	509,23 a	525,040 a	0,0614	6,20
GMDc, kg	1,124 a	0,956 b	0,015	1,063 a	1,097 a	0,4532	13,46
PCQ, kg	292,175 a	248,329 b	<0,0001	280,254 a	281,321 a	0,5476	7,58
RC,%	54,881 a	52,331b	0,005	55,003 a	53,492 b	0,0069	3,45

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Fisher, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾PI, peso inicial; PF, peso final; GMDc, ganho médio diário de carcaça; PCQ, peso de carcaça quente; RC, rendimento de carcaça. ⁽³⁾AN: bovinos cruzamento industrial: ½ Angus x ½ Nelore. ⁽⁴⁾CAN,bovinos cruzamento industrial: ½ Charolês x ¼ Nelore x ¼ Angus. ⁽⁵⁾Exclusivamente concentrado: dieta com 85% milho e 15% de péletes. ⁽⁶⁾Alto nível de concentrado: dieta com 66% de concentrado e 34% de volumoso). ⁽⁷⁾CV, coeficiente de variação.

Não houve diferenças quanto a PI, PF, GMDc, CA, e PCQ entre as dietas avaliadas. O RC foi superior na dieta exclusivamente de concentrado, o que pode ser explicado pela maior

densidade energética dessa dieta, que proporciona menor tamanho do trato gastrointestinal (Silva et al., 2002). Assim, há maior eficiência do uso da energia, associada à maior transferência do ganho de peso corporal, em que a energia da dieta é utilizada para a produção de tecidos, o que resulta em ganho de carcaça (Paulino et al., 2013). Turgeon et al. (2010) avaliaram dietas com alto nível de concentrado e de milho de grão inteiro, tendo observado menor peso corporal final, menor GMD e menor ingestão de matéria seca, na dieta com o milho de grão inteiro; no entanto, a eficiência dessa dieta foi melhor, já que o ganho de peso em relação ao consumo de alimento foi maior.

Os animais CAN apresentaram menor GMDc e rendimento de carcaça e atingiram peso ao abate inferior ao dos animais AN (Tabela 5), apesar de terem permanecido por mais tempo confinados. Esse efeito pode estar relacionado ao menor desempenho dos animais CAN, na recria, e menor peso inicial, no confinamento, o que culminou em menor peso corporal final. Ganhos compensatórios foram observados em animais que sofreram alguma restrição alimentar, cujo crescimento contínuo foi deprimido e, após esse período, os animais apresentaram crescimento acima do normal (Ben Salem & Smith, 2008). Esse efeito do ganho compensatório foi observado por Barbosa et al. (2016), em animais que receberam suplementação com ingestão de 0,1 e 0,2% do peso corporal e que passaram a receber suplemento proteico-energético-mineral, com ingestão de 0,5% do peso corporal, que resultou em ganho médiodiário e peso final superiores.

Tabela 6. Produtividade animal na recria em pasto, no sistema de ILP, e terminação em confinamento com uso de dieta de alto nível de concentrado ou exclusivamente concentrado.

Sistemas	Produtividade	
	(kg ha ⁻¹)	(@ ha ⁻¹)
Pasto	1001,6	33,39
Confinamento	731	24,4
Total no período ⁽¹⁾	1732,6	57,79
Total/ano ⁽²⁾	2022,65	67,42

⁽¹⁾Produtividade total no período de 14 meses. ⁽²⁾Produtividade total corrigida para o ano.

O rendimento de carcaça do grupo genético CAN foi inferior ao do grupo AN, uma vez que esses animais apresentaram menor peso final. O rendimento de carcaça pode ser afetado por diversos fatores, como peso do conteúdo gastrintestinal, pelo tipo de dieta, idade e peso ao abate, pelo grau de acabamento, raças ou cruzamentos (Patterson et al., 1995). O peso ao abate também interfere diretamente no rendimento de carcaça, pois, quanto mais pesados os animais, maior a deposição de gordura e maior o rendimento (Pazdiora et al., 2013). As raças de origem britânica e seus cruzamentos apresentam deposição de gordura mais intensa e rendimento de carcaça superior aos das raças de origem continental, principalmente em razão da maior quantidade de gordura na carcaça (Patterson et al., 1995). No caso do atual experimento, o peso ao abate e o tipo de cruzamento podem ter interferido no rendimento de carcaça. Assim, o menor peso final e o menor peso de carcaça dos animais CAN, de origem continental, resultaram em menor RC.

Animais CAN poderiam apresentar peso de carcaça semelhante ao dos animais AN, se o tempo de confinamento fosse maior, o que se refletiria em maior peso ao abate. O menor tempo de confinamento está associado a animais que apresentam maior peso corporal no início do

confinamento, conforme observado para os animais AN. De acordo com Kippert et al. (2008), o maior desempenho de bovinos oriundos de cruzamentos ocorre graças aos efeitos da heterose individual e materna. Além disso, os diferentes desempenhos podem estar relacionados com a seleção quanto ao ganho de peso que os grupos genéticos ou rebanhos receberam nas gerações anteriores.

O desempenho produtivo observado é atribuído à associação de sistemas integrados com a adubação de manutenção das pastagens e com a técnica de suplementação concentrada, o que possibilita maior produção em quantidade de peso corporal por unidade de área. Esses valores estão bem acima da produtividade brasileira de 3,29@ ha⁻¹por ano, para o sistema de ciclo completo (Barbosa et al., 2015). Essas diferenças foram evidenciadas por Macedo (2009), que encontrou 4,7@ ha⁻¹por ano (141 kg ha⁻¹por ano), em sistemas extensivos, e 17,27@ ha⁻¹por ano (518,1 kg ha⁻¹por ano), em sistemas de integração. Esses resultados, assim como os do presente trabalho, evidenciam o aumento da produtividade de carne bovina nos sistemas integrados e está de acordo com a nova demanda mundial de "intensificação sustentável" (Godfray et al., 2010; Niedertscheider et al., 2014).

A produtividade na recria no sistema de ILP foi de 926 kg ha⁻¹ de peso corporal (30,87 @ ha⁻¹), no período de 11 meses, com a taxa de lotação média de 2,8 UA ha⁻¹. Com a liberação do pasto no ano de 2014 e a entrada de nova categoria de recria no sistema de ILP, ainda dentro do ciclo de produção 2013/2014, foram incorporados 75,6 kg ha⁻¹(2,52 @ ha⁻¹). Esses ganhos, referentes aos meses de agosto e setembro de 2014,tiveram o totalde produtividade de 1.001,6 kg ha⁻¹, em 13 meses (33,39 @ ha⁻¹) (Tabela 6). A produtividade no confinamento foi de 731kg ha⁻¹,em 3,5meses que, se adicionada ao período de recria e corrigida para o ano,resulta em 2.022,65 kg ha⁻¹por ano no sistema integrado. Esses resultados mostram que o sistema ILP com o uso de

cruzamentos, durante a recria e a terminação dos bovinos pode ter alta produtividade em pequenas áreas, sem a necessidade de que novas áreas sejam abertas e/ou associadas ao sistema, e reduzir os impactos negativos ao meio ambiente quanto ao uso do solo.

Conclusões

1. Os animais cruzados $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore apresentam maior desempenho do que os animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore, tanto em confinamento quanto em pasto, no sistema de integração lavoura-pecuária.
2. Há interação entre dietas e tipos de cruzamento, quanto ao ganho médio diário, que é maior para os animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore, com uso da dieta com alto nível de concentrado.
3. Os animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore apresentam menor ganho médio diário de carcaça, rendimento de carcaça e peso ao abate do que os animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por concessão de bolsa; às empresas Matsuda Indústria e Comércio Ltda e Vaccinar Nutrição e Saúde animal, pelos suplementos fornecidos.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, F.A.; BICALHO, F.L.; GRAÇA, D.S.; MAIA FILHO, G.H.B.; AZEVEDO, H.O.; LEÃO, J.M.; ANDRADE JÚNIOR, J.M.C. Ganho compensatório no desempenho e eficiência

econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes regimes alimentares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.182-190, 2016. DOI: 10.1590/1678-4162-8212.

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

BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dryenvironments. **Small Ruminant Research**, v.77, p.174-194, 2008. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2008.03.008.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; HENRIQUES, L.T.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, K.A.; SILVA,P.A.; CHIZZOTTI, M. L. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.127-147, 2008. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.05.008.

FAÇANHA, D.A.E.; CHAVES, D.F.; MORAIS, J.H.G.; VASCONCELOS, A.M. de; COSTA, W.P.; GUILHERMINO, M.M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, p.91-103, 2013. DOI: 10.1590/S1519-99402013000100011.

FAO. **OCDE-FAO perspectivas agrícolas 2014-2023**. Paris: OECD, 2014. DOI: 10.1787/agr_outlook-2014-es.

FRASER, M.D.; FLEMING, H.R.; MOORBY, J.M. Traditional vs Modern: role of breed type in determining enteric methane emissions from cattle grazing as part of contrasting grassland-based systems. **PLoSOne**, v.9, p.e.107861, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0107861.

GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.;MUIR, J.F.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, p.812-818, 2010. DOI: 10.1126/science.1185383.

GOROCICA-BUENFIL, M.A.; LOERCH, S.C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, v.83, p.705- 714, 2005. DOI: 10.2527/2005.833705x.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 203p.

KIPPERT, C.J.; RORATO, P.R.N.; LOPES, J.S.; WEBER, T.; BOLIGON, A.A. Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmama em uma população multirracial Aberdeen Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1383-1391, 2008. DOI: 10.1590/S1516-35982008000800007.

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, p.1255-1263, 2014. DOI: [10.1017/S1751731114001566](https://doi.org/10.1017/S1751731114001566).

LATIMER JR., G.W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 19th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2012. 3000p.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. dos. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1269-1276, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000022.

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. Suplemento especial. DOI: 10.1590/S1516-35982009001300015.

MCMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.133-168. Editores: Oriel Fajardo de Campos, Rosane Scatamburlo Lizieire, Elsie A. P. Figueiredo.

MOORE, J.E.; KUNKLE, W. E.; BROWN, W.F. Forage quality and the need for protein and energy supplements. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 40., 1991, Gainesville. **Proceedings**. Gainesville: University of Florida, 1991.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. rev. Washington: National Academy Press, 1996. 234p.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. rev. Washington: National Academy Press, 2001. 234p.

NIEDERTSCHEIDER, M.; KUEMMERLE, T.; MÜLLER, D.; ERB, K.-H. Exploring the effects of drastic institutional and socio-economic changes on land system dynamics in Germany between 1883 and 2007. **Global Environmental Change**, v.28, p.98-108, 2014. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.06.006.

PATTERSON, D.C.; STEEN, R.W.; KILPATRICK, D.J. Growth and development in beef cattle. 1. Direct and residual effects of plane of nutrition during early life on components of gain and food efficiency. **Journal of Agricultural Science**, v.124, p.91-100, 1995. DOI: 10.1017/S002185960007129X.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.D.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura funcional nos trópicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2008, Viçosa. **Anais**. Viçosa: SIMCORTE, 2008. v.6. p.275-305.

PAULINO, P.V.R.; OLIVEIRA, T.S.; GIONBELI, M.P.; GALLO, S.B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, p.161-172, 2013. DOI: 10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p161-172.

PAZDIORA, R.D.; RESENDE, F.D. de; FARIA, M.H. de.; SIQUEIRA, G.R.; ALMEIDA, G.B. de S.; SAMPAIO, R.L.; PACHECO, P.S.; PRIETTO, M.S.R. Animal performance and carcass characteristics of Nellore young bulls fed coated runcoated urea slaughtered at different weights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.273-283, 2013. DOI: 10.1590/S1516-35982013000400007.

PLANO setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura :Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2012. 173p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/arq&uscore;editor/download.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

SALIBA, E.de 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**, v.S4, p.1-10, 2015. DOI: 10.19070/2326-3350-SI04001.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; BEAUCHEMIN, K.A.; GIBB, D.J.; CREWS JR., D.H.; HICKMAN, D.D.; STREETER, M.; MCALLISTER, T.A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E149-E158, 2003.Suplement especial 2.DOI: 10.2527/2003.8114_suppl_2E149x.

SILVA, F.F. da; VALADARES FILHO, S. de C.; ÍTAVO, L.C.V.; VELOSO, C.M.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; SILVA, P.A.; GALVÃO, R.M. Consumo, desempenho, características de carcaça e biometria do trato gastrointestinal e dos órgãos internos de novilhos Nelore recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1849-1864, 2002. DOI: 10.1590/S1516-35982002000700029.

SILVA, R. de O; BARIONI, L.G.; HALL, J.A.J.; MATSUURA, M.F.; 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**, v.6, p.493-497, 2016. DOI: 10.1038/nclimate2916.

SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop–livestock systems in the U.S. Corn Belt. **Agronomy Journal**, v.99, p.335-345, 2007. DOI: 10.2134/agronj2006.0086.

TILLEY, J.M.A.; TERRY,R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops.**Grass and Forage Science**, v.18, p.104-111, 1963. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x.

TUCKER, C.B.; ROGERS, A.R.; SCHÜTZ, K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.109, p.141-154, 2008. DOI: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.

TURGEON, O.A.; SZASZ, J.I.; KOERS, W.C.; DAVIS, M.S.; VANDER POL, K.J. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.88, p.284-295, 2010. DOI: 10.2527/jas.2009-1859.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de puros e cruzados–BR-CORTE**. Viçosa:Suprema, 2010. 193p.

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**,v.4, 2014.DOI: 10.1038/srep04444.

Capítulo II

4.2. Sistemas integrados como alternativas para produção sustentável de pecuária de corte no cerrado brasileiro

Resumo- Como aumento da demanda mundial de alimentos o grande desafio para o mundo é aumentar a produção de alimentos sem comprometer o meio ambiente. Sistemas como o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) se destacam nesse contexto por serem sustentáveis, de alta produção e rentáveis. No trabalho objetivou-se avaliar os efeitos da integração da agricultura com a pecuária utilizando diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em dois anos consecutivos. Foi avaliado o desempenho dos animais dos grupos genéticos ($\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore) AN e ($\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore) CAN durante a recria a pasto em sistema de ILP e na terminação em confinamento recebendo dietas de alto concentrado, oriundas das culturas do sistema de ILP. Os animais foram recriados em pastagem do ILP, recebendo suplementação (suplemento proteico na seca e suplemento mineral nas águas no primeiro ano, suplemento proteico nas águas e seca no segundo ano). Foram quantificados o desempenho dos animais, os impactos sobre a produtividade do rebanho bovino. Foi estimada a emissão de metano entérico pelos bovinos (IPCC, 2006). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Os animais AN apresentaram na recria valor médio de GMD de 0,711 kg, superior aos animais CAN que apresentaram 0,545 kg de GMD, no entanto, no confinamento não foram observadas diferenças nos desempenhos dos animais. Os sistemas consorciados de ILP proporcionaram produção média de 52,26@ ha ano⁻¹. As estimativas de emissões de metano por kg de peso vivo produzido foram menores as que as encontradas em sistemas extensivos tradicionais de criação de bovinos. O aumento de produtividade no sistema é reflexo das estratégias como ILP, suplementação alimentar estratégica, correto manejo de pastagens e confinamento. O sistema de produção de bovinos em sistema de ILP é sustentável, já que apresenta maior produtividade, sem a necessidade que novas áreas sejam associadas ao para a produção animal e dessa forma pode resuzir desmatamento de áreas, diminuindo assim impactos negativos ao meio ambiente.

Palavras-chave: cruzamento, metano, produtividade sustentabilidade, sistemas integrados

Abstract- As world demand for food increases, the big challenge for the world is to increase food production without compromising the environment. Systems of crop-livestock integration (ILP) stand out in this context for sustainable, high production and profitable. This study was aimed at evaluating the effects of integrating agriculture with livestock using different beef cattle genetic groups in two consecutive years. The performance of animals of the genetic groups ($\frac{1}{2}$ Angus \times $\frac{1}{2}$ Nellore) AN and ($\frac{1}{2}$ Charolais \times $\frac{1}{4}$ \times Angus $\frac{1}{4}$ Nellore) CAN was evaluated during the post-weaning stage on pasture in a ILP system and during the finishing stage in the feedlot, where they were fed high-concentrate diets originating from the ILP system. In the post-weaning stage, animals were reared on a ILP system, receiving supplementation (protein supplement in the dry season and mineral supplement in the rainy season of the first year; protein supplement in the rainy and dry seasons of the second year). We evaluated animal performance and the impacts on the productivity of the cattle herd and estimated enteric methane emission by the cattle (IPCC - 2006). The randomized block experimental design was adopted. Angus animals showed an ADG of 0.711 kg during the post-weaning stage, which was higher than that of CAN cattle, whose ADG was 0.545 kg; however, no difference in animal performance was observed in the feedlot period. The intercropped ILP systems provided an average yield of 52,26@ ha yr⁻¹. Methane emission estimates per kilogram of live weight produced were lower than those found in the traditional, extensive beef cattle rearing systems. The increased yield of this system is a reflection of strategies like ILP, strategic dietary supplementation, and proper pasture management. Cattle farming in a ILP system is a sustainable activity, given its greater yield without the need for association of new areas for animal production, in addition to the consequent possibility of lessening deforestation, thereby reducing negative environmental impacts.

Key words: crossbreeding, integrated systems, methane, productivity sustainability

Introdução

O crescimento da população mundial exigirá um aumento na produção de alimentos, incluindo a proteína de origem animal (FAO, 2014). Diante disso, o grande desafio para o mundo é aumentar a produção de alimentos sem comprometer o meio ambiente (Fraser et al., 2014).

Os sistemas agropecuários integrados podem proporcionar maior produção de alimentos com menor impacto sobre o meio ambiente (Ewers et al., 2009). Isso pode ser obtido por meio da agropecuária tropical sustentável com práticas como recuperação de pastagem, ou com sistemas consorciados, que permitem maior produtividade reduzindo, assim a expansão de novas áreas, evitando o desmatamento de florestas, e podem, ainda, reduzir a emissão de gases do efeito estufa (GEE) (Reis et al., 2012; Barbosa et al., 2015).

No Brasil as pastagens são a principal fonte de alimentação para os bovinos, no entanto, esses sistemas estão associados a baixos índices produtivos, devido ao manejo e estabelecimento incorretos que levam a perda da produtividade e degradação das pastagens. Aliado a isso, a falta de manejo nutricional estratégico compromete o potencial produtivo dos animais e se constitui em um problema para a sustentabilidade da produção animal.

Novos modelos sustentáveis de intensificação são necessários para adequação das mudanças ambientais globais (Bouwman et al., 2011; Niedertscheider et al., 2014). O sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) com exploração de culturas e pecuária em uma mesma área é visto como uma estratégia promissora para a intensificação sustentável da pecuária no país (Lemaire et al., 2012; Gil et al., 2015). O ILP pode aumentar o teor de matéria orgânica no solo,

mudar sua estrutura física, favorecer a produção de biomassa e ainda permitir maiores taxas de lotação em pastagens (Sulc e Tracy, 2007; Nowak et al., 2011).

A recuperação de pastagem em processo de degradação ou degradadas no Brasil por meio do sistema de ILP tem sido prioridade e é atualmente uma política pública do governo federal brasileiro (Programa ABC, 2012), sendo uma estratégia governamental que visa além da recuperação de áreas degradadas, a sustentabilidade ambiental. Estratégia relevante para o país, já que as restrições ambientais devem reduzir as áreas de expansão para a incorporação de novas pastagens (Latawiec et al., 2014). Além disso, a melhoria da pastagem com a ILP desempenha um papel importante na mitigação de gases do efeito estufa (GEE) (Wang et al., 2014).

O Brasil propôs realizar através do Plano ABC a restauração de 15 milhões de hectares de pastagens até 2030 e a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAF's) para a restauração 4 milhões de hectares de pastagem que possuem um potencial de mitigação de 18 a 22 milhões de CO₂ equivalente (Plano ABC, 2012).

A intensificação do sistema produtivo utilizando modelos mais eficientes de produção de bovinos de corte, por meio da ILP, da suplementação nutricional estratégica, do confinamento e do cruzamento de raças de corte possibilita aumento da produtividade com maior aproveitamento de áreas e diminuição do desmatamento. Assim, o aumento de eficiência resulta em melhorias ambientais indiretas, devido a não abertura de novas áreas, obtendo-se então, uma intensificação sustentável com redução de impactos negativos sobre o meio ambiente (Godfray et al., 2010; Barbosa et al., 2015; Silva et al., 2016).

Sob este aspecto, estudos relacionados a sistemas integrados como ILP são essenciais para o aprimoramento da atividade de pecuária produtiva e sustentável no país. Conhecer a interação

entre seus fatores é fundamental para otimizar o desenvolvimento e estabelecimento dessa tecnologia.

Em nosso estudo nós relatamos os resultados de um sistema de Integração Lavoura-Pecuária, com dois anos de duração e analisamos as consequências da diversificação do sistema de cultivo sobre os índices zootécnicos e ambientais do sistema. Avaliamos a produtividade animal de bovinos cruzados recriados a pasto e terminados em confinamento utilizando os produtos das culturas na alimentação desses, buscando um sistema mais produtivo e sustentável, promovendo diversificação dentro da propriedade rural, sem a necessidade de incorporação de novas terras para a produção de bovinos.

O experimento foi projetado para analisar: i) a integração e utilização de pastagens melhoradas em sistemas de rotação e sucessão de culturas de milho, soja, sorgo e pastagem; ii) o desempenho de bovinos cruzados em sistemas integrados; iii) o desempenho de bovinos cruzados em confinamento alimentados com dietas oriundas das culturas do sistema de ILP; iv) a produção de metano estimada dentro do sistema de ILP.

Previa-se que os bovinos cruzados recriados em pastagens integradas com posterior terminação em confinamento apresentassem alta produtividade e com o confinamento, as pastagens seriam liberadas para novo ciclo de recria. Os bovinos em terminação seriam abatidos precocemente com maior eficiência produtiva. A produção estimada de metano seria menor à encontrada nos sistemas tradicionais no cerrado brasileiro.

Material e Métodos

Declaração de ética

Os procedimentos experimentais do estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Universidade Federal de Minas Gerais (CEUA 326/2014). O experimento foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo onde todas as ações foram direcionadas por pesquisadores da área de produção animal e realizadas por responsáveis técnicos experientes em conformidade com o bem-estar dos animais. As condições experimentais foram projetadas para ser o mais semelhante as usadas em sistemas de produção pecuária comercial, e as ações foram avaliadas diariamente para a saúde e bem-estar dos animais. Os estudos de campo não envolveram espécies ameaçadas ou protegidas.

Local e informações agronômicas

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizado no município de Sete Lagoas, região central de MG, sudeste do Brasil, com latitude 19°28'S, longitude 44°15'W e altitude de 732 m. O clima da região se enquadra no tipo Aw da classificação de Köppen, ou seja, típico de savana caracterizado como cerrado.

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foi implantado em uma área de 22 ha com rotação e consorciação de lavouras de milho, soja, sorgo e pastagem em 2006. A área experimental foi dividida em quatro glebas com 5,5 hectares cada e desde 2005 foi adotado o sistema de rotação de culturas sobre plantio direto (Figura 1). Os dados experimentais foram coletados de julho de 2013 a novembro de 2015. Para as análises de produtividade no ILP as avaliações foram separadas por anos. No ano 1 as avaliações foram realizadas de julho de 2013 a setembro de 2014, no ano seguinte, ano 2 as avaliações foram realizadas de julho de 2014 a outubro de 2015.



Figura 1. Vista aérea da Unidade demonstrativa do sistema Integração Lavoura Pecuária-Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas-MG.

Fonte: Google Earth Pro, 2016.

O Quadro 1 demonstra a alternância das lavouras e pastagens dentro do sistema ILP a cada quatro anos.

Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abril	Maio	
PASTAGEM	SOJA							PASTAGEM			
PASTAGEM	MILHO + BRACHIARIA								PASTAGEM		
PASTAGEM	SORGO + TANZANIA						PASTAGEM				
PASTAGEM											

Ano de Avaliação	Gleba 1	Gleba 2	Gleba 3	Gleba 4
Ano 1	Milho + Brachiaria	Sorgo + tanzania	Pastagem	Soja
Ano 2	Sorgo + tanzania	Pastagem	Soja	Milho + Brachiaria

Quadro 1. Esquema de rotação de culturas e forrageiras no sistema de integração lavoura pecuária, entre os anos de 2013 a 2015.

Cada gleba foi destinado a um dos seguintes arranjos: Gleba 1: produção de milho (*Zea mays*) consorciado com *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*) cv. Marandu; Gleba 2: produção de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) consorciado com *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia; Gleba 3: pastagem de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia e Gleba 4: produção de soja (*Glycine Max*). A cada ano as culturas são implantadas em glebas diferentes na seguinte sequência: milho+ *Urochloa* – sorgo+ *Megathyrsus* – pastagem– soja.

Anualmente, foram realizadas as análises de solo nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 cm a 40 cm para orientar as correções e adubações com base nos critérios de exigência das culturas. Em setembro de 2013 e 2014, foram aplicadas 2,0 t ha⁻¹ de gesso agrícola e 200 kg ha⁻¹ de KCl para aumentar a oferta de cálcio, enxofre e potássio no solo. No período das águas foram aplicados a lanço 200 kg/ha de nitrogênio na pastagem, divididos em três aplicações.

Durante o período da seca os animais pastejaram as quatro glebas, depois da retirada das culturas. No período das águas os animais pastejaram apenas na gleba de pastagem que foi subdividida, por meio de cerca elétrica, em cinco piquetes, em um sistema rotacionado com sete dias de ocupação e 28 de descanso. As glebas onde foram cultivadas as lavouras foram dessecadas em outubro, e novo plantio, foi realizado no início de novembro. Novamente, depois da colheita das lavouras, as glebas voltaram a ser ocupadas pelos animais. Assim, as glebas permaneceram ocupadas por 75% de lavouras e 25% de pastagens no verão, e 100% da área foi ocupada por pastagens no inverno.

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram mensurados na estação meteorológica localizada na Embrapa Milho e Sorgo (Figura 2).

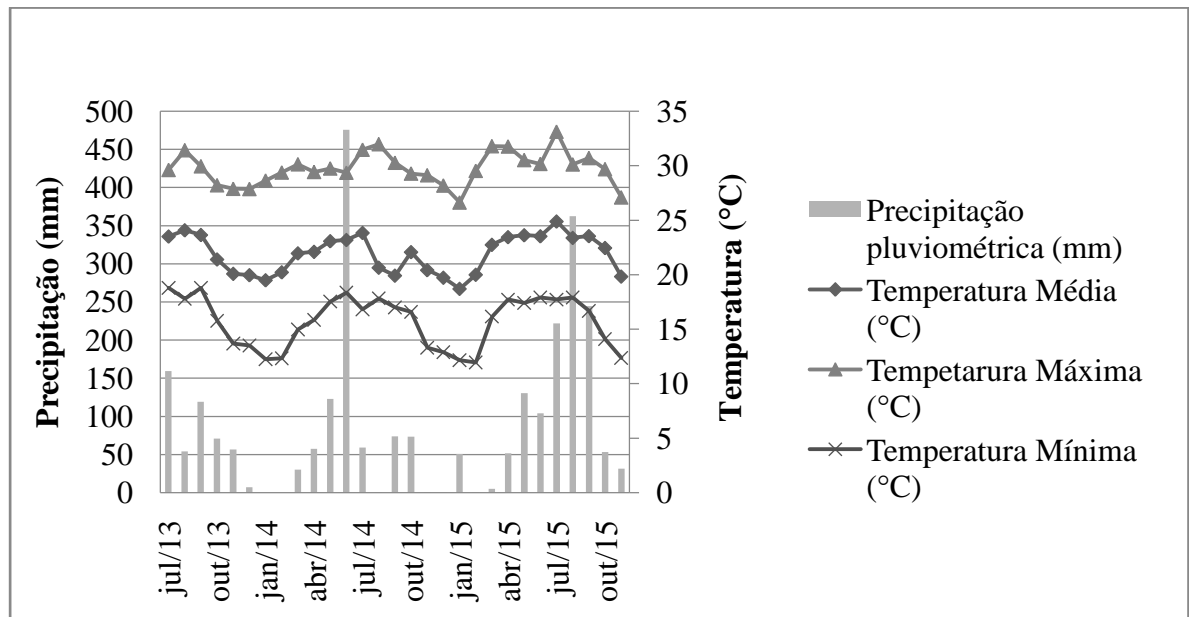


Figura 2. Dados climáticos referentes ao período experimental mensurados na estação meteorológica situada na Embrapa Milho e Sorgo.

Avaliação da Produção Animal

Os animais avaliados no sistema ILP foram bezerros desmamados com idade média de oito meses de idade pertencentes a dois grupos genéticos. No ano 1 foram utilizados 20 animais $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore (AN) e 10 animais $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore (CAN) e no ano 2 foram 12 animais AN e 10 animais CAN. Esses animais foram utilizados para as avaliações de desempenho. No ano 2 existiam ainda outros 23 bezerros desmamados que foram recriados a pasto no sistema ILP para avaliação da produtividade.

Os animais permaneceram por um período de 11 meses nos pastos do sistema ILP e, após esse período de recria foram confinados para a terminação.

Durante a recria, no primeiro ano os animais entraram no sistema em julho de 2013 e permaneceram no pasto até maio de 2014. Nas águas (Outubro a Abril) os animais receberam suplementação mineral *ad libitum*, no período das secas (Julho a Setembro) receberam

suplemento protéico de baixo consumo (0,1% do PV). No segundo ano os animais de recria entraram no sistema em julho de 2014 e permaneceram a pasto até maio de 2015. Período das secas (Julho a Outubro) receberam o mesmo suplemento proteico do ano 1, já nas águas (Novembro a Abril) os animais receberam suplemento protéico energético (0,6% do PV) (Tabela 1). O consumo de suplemento diário foi calculado dividindo o total de suplemento consumido pelo número de animais por dia em cada período.

A avaliação da disponibilidade de matéria seca (MS) da pastagem foi realizada a cada 28 dias por meio de cortes rentes ao solo da forragem conforme descrito por McMeniman (1997). Foi realizado, juntamente com a coleta da forragem, o pastejo simulado de cada piquete para a determinação do valor nutricional da forragem consumida pelos animais (Tabela 2).

As amostras de forragem do pastejo simulado, dos suplementos, das dietas e das sobras do confinamento foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por no mínimo 72 horas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira com malha de um milímetro (mm). Foram determinados os teores de matéria seca (MS) pelo método 934.01; proteína bruta (PB) pelo método 984.13; fibra em detergente neutro (FDN) pelo método 2002.04; fibra em detergente ácido (FDA) pelo método 973.18; nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN) pelo método 984.13; extrato etéreo pelo método 920.85 e cinzas pelo método 938.08 de acordo com a AOAC (1990).

O ganho médio diário (GMD) foi calculado como a diferença entre o peso vivo final (PF) e o peso vivo inicial (PI) de cada período dividido pelo número total de dias. A produtividade da área (kg ha^{-1}) foi calculada em função do GMD e do número de animais por hectare. O peso dos animais foi obtido em jejum de sólidos e líquidos por 14 horas.

Tabela 1. Proporção de ingredientes e composição nutricional (%) com base na porcentagem de matéria seca dos suplementos fornecidos.

Variável	Ano 1		Ano 2	
	Suplemento seca	Suplemento águas	Suplemento seca	Suplemento águas
Milho moído (%)	52	-	52	-
Farelo Proteico de Milho (%)	-	-	-	80
Ureia (%)	10	-	10	-
Sal branco (%)	25	55	25	10
Mineral (%)	10 ⁽¹⁾	45 ⁽²⁾	10 ⁽¹⁾	10
Total (%)	100	100	100	100
MS (%)	88,57	91,96	90,96	91,6
PB (%)	32,89	-	33,88	18,81
FDN (%)	8,40	-	7,79	30,18
FDA (%)	2,33	-	1,14	7,69

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido. ⁽¹⁾ Suplemento mineral - 152 g kg⁻¹ P; 202 g kg⁻¹ de Ca; 26 g kg⁻¹ S; 30 g kg⁻¹ de Mg; 26 g kg⁻¹ de Na; 5140 mg kg⁻¹ de Zn; 1300 mg kg⁻¹ de Cu; 2050 mg kg⁻¹; Mn, 50 mg kg⁻¹ de Co; 50 mg kg⁻¹ I, 20 mg kg⁻¹ Se. ⁽²⁾ Suplemento mineral: 85 g kg⁻¹ de P; 110 g kg⁻¹ de Ca; 10 g kg⁻¹ de S; 10 g kg⁻¹ de Mg; 97,5 g kg⁻¹ de Na; 3200 mg kg⁻¹ de Zn; 1200 mg kg⁻¹ de Cu; 1500 mg kg⁻¹ de Fe; 1200 mg kg⁻¹; Mn, 50 mg kg⁻¹ de Co; 65 mg kg⁻¹ I; 12 mg kg⁻¹ Se. Ano 1: Julho de 2013 a Maio de 2014. Ano 2: Julho de 2014 a Maio de 2015.

As análises de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foram realizadas conforme Tilley e Terry (1963). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela equação proposta por Capelle et al. (2001), onde $NDT = 83,39 - 0,4171x \text{ FDN}$.

Após o período de 11 meses nos pastos do sistema ILP os animais foram confinados para a terminação, disponibilizando as áreas de pastagens para a nova categoria de bezerros desmamados (recria) que entraram no sistema.

Tabela 2. Composição bromatológica (%) com base na percentagem de matéria seca das forragens no período de pastejo nas épocas de seca e águas.

Nutrientes	Ano 1		Ano 2	
	Secas	Águas	Secas	Águas
MS (%)	49,90	32,19	45,66	25,98
PB (%)	8,69	16,02	10,81	20,18
DIVMS (%)	45,48	62,67	60,02	63,15
NDT (%)	54,98	55,94	55,7	57,92
FDN (%)	68,10	65,79	65,98	62,52
FDA (%)	33,11	31,03	31,12	28,48
LIG (%)	4,05	2,80	3,13	3,19
EE (%)	3,04	2,03	1,56	1,83
Cinzas (%)	8,93	8,11	8,23	9,42
P (%)	0,19	0,22	0,18	0,30
Ca (%)	0,84	0,64	0,84	0,61

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: lignina; EE: extrato etéreo; Ca: cálcio; P: fósforo; DIVMS: digestibilidade in vitro da matéria seca; NDT: nutrientes digestíveis totais, segundo Capelleet al. (2001) pela equação: $NDT = 83,39 - 0,4171x FDN$. Ano 1: Julho de 2013 a Maio de 2014. Ano 2: Julho de 2014 a Maio de 2015.

No confinamento no ano 1 foi avaliado o desempenho de 10 animais AN e 5 animais CAN e no ano 2 foi avaliado o desempenho 12 animais AN e 10 animais CAN. No confinamento no ano 1 existiam outros 15 animais e no ano 2 existiam outros 22 animais de outras raças que não foram avaliados quanto ao desempenho porém todos os animais foram utilizados na avaliação de produtividade.

Os animais foram confinados recebendo silagem de milho, milho e soja provenientes do sistema ILP, além de minerais, aditivos, farelo de soja e ureia que foram adquiridos fora do sistema. Os animais foram alocados em um curral composto por baias coletivas de 20 x 12 metros cada, equipadas com bebedouro e cocho para fornecimento da dieta. No confinamento, os

animais receberam dieta de alto concentrado, composta por 34% de silagem de milho e 66% de concentrado (base matéria seca) no ano 1 e composta por 35% de silagem de milho e 65% de concentrado (base matéria seca) no ano 2 .

Tabela 3. Composição nutricional (%) com base na porcentagem de matéria seca das dietas oferecidas aos diferentes grupos genéticos no confinamento.

Nutrientes	Ano 1	Ano 2
MS (%)	61,44	53,11
FDN (%)	32,63	38,02
FDA (%)	16,20	19,41
LIG (%)	2,32	1,95
CINZAS (%)	5,69	5,27
PB (%)	15,67	13,75
DIVMS (%)	70,58	70,25
NDT (%)	69,78	74,24

MS: matéria seca total; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: Lignina; PB: proteína bruta; DIVMS: digestibilidade in vitro da matéria seca; NDT: nutrientes digestíveis totais: segundo Capelle et al. (2001) pela equação: $NDT = 83,39 - 0,4171x FDN$. Alto concentrado: dieta de alto concentrado (66% concentrado, 34% volumoso Ano 1 e 35% de silagem de milho e 65% de concentrado ano 2). Ano 1: Julho de 2013 a Maio de 2014. Ano 2: Julho de 2014 a Maio de 2015.

Os animais foram adaptados às dietas experimentais por 27 dias em média, com consumo de matéria seca inicial de 1,8% do peso vivo. A adaptação à dieta consistiu de 50% de silagem de milho e 50% de concentrado inicialmente com aumento gradativo do teor de concentrado até a proporção de volumoso: concentrado determinada (na base da MS).

As dietas foram fornecidas *ad libitum*, divididas em três tratos diários às 8 horas, 11 horas e 15 horas. A quantidade de alimento fornecida foi ajustada diariamente de forma a permitir sobras

entre cinco e 10% do ofertado. As dietas e as sobras foram amostradas diariamente para confecção de uma amostra composta mensal analisada posteriormente.

A dieta foi formulada para ganho de peso médio diário de 1,3 kg segundo exigências de Valadares Filho et al. (2010). Foram determinados o consumo de matéria seca (CMS) em kg dia^{-1} e em % do peso vivo (PV), o ganho médio diário (GMD), o peso vivo inicial (PI), o peso vivo final (PF) e a conversão alimentar (CA). O consumo de matéria seca por baía foi mensurado pela diferença entre a quantidade da dieta fornecida e das sobras (kg de MS) dividido pelo número de animais de cada baía, o GMD foi calculado como a diferença entre PF e PI dividido pelo número total de dias. A CA foi mensurada pela razão entre o CMS e o GMD.

No ano 1 os animais foram abatidos quando atingiram peso corporal de aproximadamente 480 kg, sendo necessários 84 dias de confinamento. No ano 2 foram 115 dias de confinamento e os animais foram abatidos com peso vivo médio de 540kg.

No dia do abate os animais foram pesados no período da manhã antes de serem enviados para o frigorífico, onde ficaram em um jejum de sólidos por 24h com ingestão *ad libitum* de água. Todos os animais foram abatidos em frigorífico comercial, de acordo com os procedimentos humanitários, como exigidos pela legislação brasileira.

No frigorífico foi obtido o peso de carcaça quente (PCQ) eviscerada. O rendimento de carcaça (RC) foi calculado pela razão entre o PCQ e o PF x 100. O ganho médio diário de carcaça (GMDc) foi calculado pela seguinte fórmula: $\text{GMDc} = \text{PCQ} - (\text{PI} \times 50\%) / \text{número total de dias em confinamento}$.

Estimativa de emissão de metano enterico

Para o cálculo da estimativa da emissão de metano (kg de metano por bovino/ano; kg de metano por bovino/dia) foram utilizadas as equações Tier 2 do IPCC (IPCC, 2006). As emissões de metano foram estimadas com base em 6,5% da energia bruta (EB) perdida como metano para os bovinos em pastejo, e 3% para os bovinos em confinamento. Para calcular os fatores de emissão de metano foram utilizadas as seguintes variáveis: categoria animal (animais em crescimento e terminação); peso vivo (kg); sistema de alimentação (1- confinamento; 2- pastejo; 3- pastejo extensivo); sexo (novilhos); ganho médio de peso (kg/dia); teor de energia digestível (%) e tipo da dieta (1- alto grão; 2- forragem de alta qualidade; 3- forragem de média qualidade; 4- forragem de baixa qualidade) (Berndt 2012).

As estimativas das emissões de metano foram expressas em relação às taxas de crescimento (kg de metano por kg de ganho de peso vivo, kg de metano por kg de ganho de carcaça e kg de metano por dia) e emissões totais de metano por ano (kg de metano por ano).

Análises estatísticas

Para avaliação do desempenho dos animais em pastagem, no confinamento e estimativas de emissão de metano foi utilizado delineamento em blocos ao acaso, blocando o ano.

Para as análises estatísticas foi utilizado o PROC GLM do SAS (Statistical Analysis System, 2002) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Fisher, adotando-se um nível de significância de 5%. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico para o desempenho dos bovinos:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = observação do animal no bloco j pertencente ao bloco i na repetição k ;

μ = efeito médio;

T_i = efeito fixo do tratamento i , sendo i o cruzamento (i =AN e CAN);

B_j = efeito do bloco j , sendo o bloco = ano (i =1,2)

e_{ijk} = erro aleatório associado ao tratamento i , no bloco j da repetição k .

Foi utilizado o seguinte modelo estatístico para a estimativa de emissão de metano pelos bovinos:

$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk}$, onde:

Y_{ijk} = estimativa de emissão de metano j pertencente ao bloco i ;

μ = efeito médio;

T_i = efeito do tratamento i , ($i = 1,2$);

B_j = efeito do bloco j , (i =1,2)

e_{ijk} = erro aleatório associado a cada animal.

Resultados

Avaliação da Produção Animal

O pastejo intensivo em sistemas de ILP oferece potencial para utilização das plantas forrageiras com melhor eficiência de produção de forragem e maior produção carne (Barcelos et al.; 2008). A oferta de forragem média no ano 1 foi de 11,03 % com uma produção de 3987,74 kg

de MS/ha de pastagem. A produtividade da recria (Figura 5) no ano 1 no sistema de ILP foi de 926 kg de PV ha⁻¹ no período de 11 meses, com uma taxa de lotação média de 2,8 UA ha⁻¹. Com a liberação do pasto no ano de 2014 e a entrada de nova categoria de recria no sistema de ILP ainda dentro do ciclo de produção 2013/2014 foram incorporados mais 75,6 kg ha⁻¹. Esses ganhos são referentes aos meses de agosto e setembro de 2014 que totalizaram a produtividade de 1001,6 kg ha⁻¹ em 13 meses. No ciclo de produção 2014/2015 a oferta de forragem foi de 11,95% com uma produção de pastagem de 5205,98 kg de MS/ha, a produtividade nos meses de setembro a maio foi de 1198,97 kg de peso vivo ha⁻¹ e taxa de lotação média durante esse período foi de 3,87 UA ha⁻¹. Como existiam outros 24 animais no sistema de ILP, a produtividade e a taxa de lotação foram maiores para o segundo ano de avaliação.

O sistema de ILP proporciona melhoria nas condições físicas do solo e promove maiores ofertas de forragem, proporcionando aos animais pastagem de qualidade, até mesmo nos períodos de seca, período crítico do ano no cerrado brasileiro. (Tabela 4).

Tabela 4. Ganho médio diário (GMD em kg animal dia⁻¹) nas estações da seca e das águas e peso vivo inicial e final de animais de dois grupos genéticos na recria em dois anos de avaliação.

Variável	Raça		p-valor	CV %
	AN	CAN		
PI (kg)	161,42 a	168,56a	0,2589	13,58
PF (kg)	384,33a	335,46b	<0,0001	12,08
GMD águas ¹ (kg)	0,810 a	0,603 b	0,0213	12,27
GMD secas ² (kg)	0,512 a	0,429 b	<0,0001	24,83
GMD média ³ (kg)	0,711 a	0,545 b	<0,0001	12,07

Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Fisher a 5% de probabilidade. PI: peso inicial; PF: peso final; GMD: ganho médio diário; CV: coeficiente de variação; AN: ½ Angus x

$\frac{1}{2}$ Nelore ; CAN: $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Charolês (CAN); ¹Período entre Julho a Setembro dos anos avaliados; ²Período entre Outubro a Maio dos anos avaliados; ³Média no período de Julho a Maio dos anos avaliados.

Houve diferenças para as raças avaliadas, apesar de os animais apresentarem mesmo peso inicial, os animais da raça AN apresentaram desempenho superior aos animais CAN durante a recria (Tabela 4). Após o período de recria o desempenho dos animais foi avaliado em confinamento, não foram encontradas diferenças entre as raças avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5. Desempenho e características de carcaça de bovinos confinados de dois grupos genéticos em dois anos de avaliação.

Variável	Raça		p-valor	CV %
	AN	CAN		
PI (kg)	380,09a	349,25b	0,0094	8,89
PF (kg)	552,36a	543,61a	0,6305	9,61
GMD (kg)	1,760a	1,885a	0,1099	12,35
GMD carcaça (kg)	1,170a	1,151a	0,7029	13,23
Peso de carcaça (kg)	309,55a	298,94a	0,2721	10,83
RC (%)	56,22a	54,10a	0,1112	3,63

Letras distintas na mesma linha diferem pelo teste Fisher 5%; PI: peso inicial; PF: peso final; GMD: ganho médio diário; RC: Rendimento de carcaça; CV: coeficiente de variação; AN: $\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore; CAN: $\frac{1}{4}$ Angus x $\frac{1}{4}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Charolês.

Os dados de produtividade total do sistema na recria e na engorda encontram-se na tabela 6. E corrigidos para um ano na figura 6.

Tabela 6. Produtividade da recria, da engorda e total do sistema de ILP.

Ano de avaliação	Recria kg ha/11 meses	Confinamento kg ha/3 meses	Produtividade/kg/ha/14 meses	Produtividade/kg/ha/ano
Ano 1	926	149	1075	1254,16
Ano 2	1198,97	415	1613,97	1881,83

Emissões de metano entérico estimado

As estimativas de metano entérico por raça foram diferentes dentro do sistema de ILP, durante o período de pasto e confinamento. Houve diferenças para as raças nas estimativas de emissões pelas taxas de crescimento e produção de carne, animais da raça AN apresentaram menor estimativa de metano quando comparada a raça CAN pelas taxas de crescimento (Figura 6).

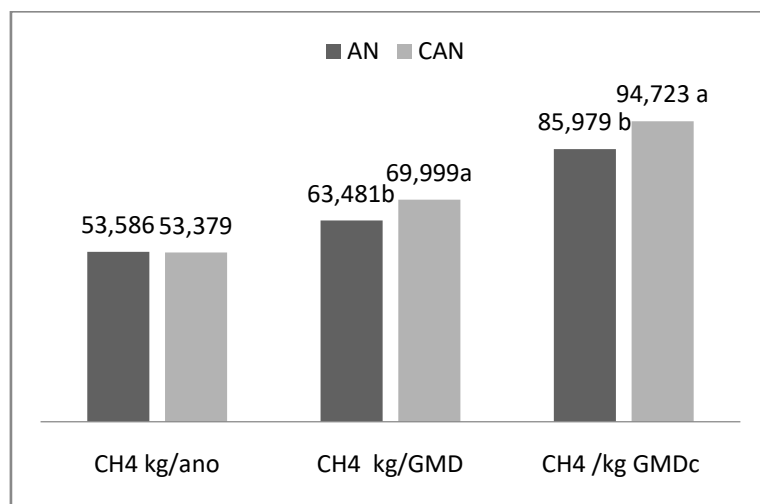


Figura 3. Estimativa de emissão de metano de animais AN e CAN durante a recria e engorda na Embrapa milho e sorgo em dois anos de avaliação em kg por ano. AN: ½ Angus x ½ Nelore; CAN: ½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore. Letras distintas diferem pelo teste Fisher 5%

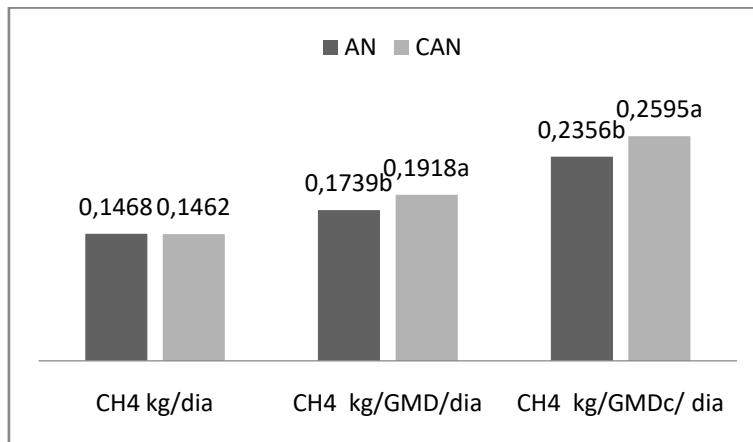


Figura 4. Estimativa de emissão de metano de animais AN e CAN durante a recria e engorda na Embrapa milho e sorgo em dois anos de avaliação em kg/dia. AN: ½ Angus x ½ Nelore; CAN: ½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore. Letras distintas diferem pelo teste Fisher 5%

É importante salientar que as diferenças encontradas para as raças são relativas as diferenças no GMD, já que para os cálculos das equações do IPCC não são consideradas as raças no cálculo para a emissão.

Discussão

Os resultados corroboram com a hipótese de que o sistema de ILP dentro da propriedade aumenta a produtividade sem a necessidade de abertura de novas áreas para a pecuária. De 2013 a 2015, como previsto, a produtividade animal foi alta na recria e engorda. Foram produzidas 52,26 @/ha, produtividade alta e ao se comparar com os dados médios da pecuária extensiva brasileira de 3,29@ ha ano⁻¹ (Barbosa et al., 2015) é clara a importância de sistemas integrados para a nova demanda da pecuária sustentável

A recria e engorda de novilhos em um sistema de ILP leva a um aumento na produção total por unidade de área na propriedade como observado no trabalho. A pastagem implantada no sistema integrado (ILP) pode ser beneficiada pelos resíduos de nutrientes deixados pela lavoura,

que pode ter possibilitado maior produção de fitomassa vegetal com possibilidade de aumento da capacidade de suporte e ganho médio diário, quando comparada a sistemas com pastagem degradada, contribuindo para aumentos de produtividade do rebanho.

A alta produtividade dos pastos com altos teores de MS e PB encontrados ocorreram pelos nutrientes remanescentes das culturas assim como da adubação de cobertura com nitrogênio (N), além disso, a estrutura física do solo no sistema de ILP (que já possui dez anos de implantação) foi modificada permitindo maior aeração e infiltração de água no solo (Figura 7). Como esses sistemas integrados são capazes de melhorar as características físicas e biológicas das áreas de lavoura, com a introdução de forrageiras, devido a quantidade de palha na superfície do solo e raízes no perfil do solo, ocorre aumento da matéria orgânica e aeração do solo favorecendo as trocas gasosas e a movimentação descendente da água (Flores et al., 2008; Macedo, 2009; Loss et al., 2011). Como podemos observar na área do experimento na Figura 7.



Figura 5. Estrutura do solo com raízes em grande profundidade permitindo melhor infiltração da água e aeração do solo.

A elevada produtividade total observada é resultante da interação de vários fatores, muitas vezes, de difícil separação. Davis et al. (2012) avaliando sistemas de rotação ao longo do tempo de 2003 a 2011, observaram aumentos de produtividade de 4 a 9% das culturas e diminuição no uso de herbicidas em 88% com a estabilidade do sistema de rotação com mais de três anos. Segundo Moraine et al. (2016) a fertilidade do solo melhora e são esperados efeitos benéficos a longo prazo para o solo, menos riscos de doenças fúngicas e pragas.

Sistemas integrados apresentam maior diversidade biológica, como no nosso experimento, a diversificação das culturas, como soja, sorgo e gramíneas forrageiras, podem resultar na ciclagem de nutrientes de forma mais eficiente do que nos sistemas de monocultura, de tal modo que, os nutrientes das culturas forrageiras são reciclados através de deposição de adubo, que aumenta a fertilidade do solo, proporcionando forragem em quantidade e em qualidade durante todo o ano para os animais como observado no estudo. Além disso, a fixação de carbono nessas áreas pode contribuir para mitigação de metano no sistema (Hoagland et al., 2010; Balbino et al., 2011).

De Moraes et al. (2013) mostraram que, no Brasil, a ILP oferece a oportunidade de através de sistemas de culturas e animais bem equilibrados, maior rentabilidade, estabilidade dos resultados econômicos de cada fazenda, principalmente a preservação dos recursos naturais, ecossistemas e conservação das áreas agrícolas para os objetivos de alimentação. O desenvolvimento de sistemas de integração lavoura-pecuária é um grande desafio para a modernização ecológica da agricultura (Moraine et al., 2014). Apesar de ser uma estratégia promissora para a intensificação sustentável da pecuária no Brasil e dos benefícios associados, um número limitado de agricultores a adotaram (Gil et al., 2015).

As pastagens, em rotação, no sistema ILP possibilitaram aumentar a eficiência de pastejo e proporcionar alta lotação e ganho em peso vivo por área, o que foi observado em nosso trabalho. O desempenho de bovinos na recria foi diferente para as raças avaliadas. Animais do grupo genético AN foram superiores aos animais do grupo genético CAN, embora apresentassem pesos iniciais iguais, apresentaram menor peso vivo final devido ao menor GMD médio que pode ser consequência do estresse térmico devido às altas temperaturas observadas e maior proporção de alelos de taurino para o grupo genético CAN. Em situações de temperaturas elevadas a termorregulação ocorre de maneira insatisfatória ocasionando a ação de mecanismos para a dissipação de calor como aumento da frequência respiratória elevando o gasto de energia que poderia ser utilizada pelo animal para a produção de carne (Façanha et al., 2013).

Apesar do desempenho dos animais variar entre os grupos genéticos durante a recria, a disponibilidade de alimento durante todos os períodos dos anos e qualidade proporcionada no sistema ILP (Tabelas 2), possibilitou o alcance de elevados ganhos médios diários para os animais em todos os períodos, quando comparados a sistemas extensivos que proporcionam baixos ganhos e até mesmo perda de peso no período de seca.

Poucos estudos no Brasil têm avaliado os sistemas de ILP analisando o desempenho de bovinos cruzados aliando a terminação dos animais em confinamento. A integração de culturas e bovinos tem o benefício de minimizar a importação de alimentos, já que esses podem ser adquiridos na produção da forragem e das culturas graníferas (Sulc e Tracy, 2007, Herrero et al., 2009) Segundo Bell et al.(2014) a alimentação de inverno fornecida pelas culturas pode ser particularmente importante em épocas mais secas ou mais frias quando o crescimento de pastagem de inverno é restrita. Como ocorreu no nosso trabalho, onde as culturas, como, silagemde milho, milho grão e soja fizeram parte das dietas do confinamento.

No confinamento ocorreram diferenças entre os grupos genéticos para o peso inicial (Tabela 4), devido ao desempenho inferior na recria para os animais da raça CAN, no entanto, esses animais tiveram alto desempenho no confinamento e conseguiram alcançar mesmo peso final que os animais AN.

As dietas fornecidas aos animais possuíam alto teor de concentrado que promoveram elevados ganhos de peso, sendo possível abater os bovinos precocemente com idade média de 22 meses, e pesos médios de carcaças de 304 kg e rendimento médio de carcaça de 55%. Os bovinos foram abatidos no período de entressafra, e possibilitaram maior preço de venda para o produtor. A redução da idade ao abate dos animais, com carcaças com peso e rendimento elevados, são fundamentais em sistemas intensivos de produção com maior taxa de desfrute do rebanho e aumento da velocidade de giro do capital investido (Turini et al., 2015). Os pecuaristas, com esse sistema, podem diversificar seus lucros sem a necessidade de incorporar mais áreas ao sistema e preservando, assim, o meio ambiente (Alvarenga, et al., 2007; Villela et al., 2011).

O desempenho produtivo observado no período total se deve a associação de sistemas integrados, onde a planta forrageira se aproveita dos nutrientes deixados pela cultura forrageira, além do correto manejo de pastagem com a adubação de manutenção e a técnica de suplementação concentrada, além do confinamento estratégico, utilizando produtos oriundos no ILP. O sistema possibilitou produção média de 52,26 @ ha corrigida para o ano, muito superior a produtividade média brasileira em sistemas extensivos e em sua maior parte degradados que apresentam produtividade média de 3,29@ ha ano⁻¹ (Barbosa et al., 2015). Esses resultados evidenciam o aumento da produtividade bovina nos sistemas integrados e está de acordo com a nova demanda mundial de "intensificação sustentável" (Godfray et al., 2010; Niedertscheider et al., 2014; Phalan et al., 2013). Nosso sistema de ILP se mostra sustentável, já que em uma mesma

área se pode produzir mais, sem a necessidade que novas áreas sejam associadas ao sistema e dessa forma reduzindo os possíveis impactos negativos ao meio ambiente.

A preservação da biodiversidade mundial e a minimização dos impactos negativos da agropecuária vão depender da participação dos produtores, que devem se adaptar ao meio ambiente com utilização de tecnologias para a produção animal como o ILP, melhorando a fertilidade do solo, com o uso mais eficiente dos nutrientes e que minimiza o desmatamento fornecendo um caminho promissor para mais intensificação da agricultura e pecuária de forma mais sustentável (Tilman et al., 2011).

Emissões de metano entérico estimado

Melhorias na eficiência de produção têm o potencial de diminuir emissão de carbono dos produtos animais (Gill et al., 2010). A variação na emissão de CH₄ entérico tem sido relatada entre animais, raças, e através do tempo (Herd et al., 2002). Bovinos criados em ambiente tropical, mantidos em sistemas de pastejo, apresentam a produção de metano entérico afetada pela constituição morfológica e composição química das plantas forrageiras desse ambiente (Berchielli et al., 2010).

Nossos dados demonstram que a utilização de animais capazes de apresentar maiores ganhos diários, em um sistema de produção mais produtivo como o ILP aliado ao confinamento pode ser eficiente tanto produtivamente quanto ambientalmente com menores taxas de emissão de metano total, comparativamente ao sistema extensivo onde as emissões de metano de novilhos em sistema de pastagem giram em torno 56 kg de metano/animal/ano (IPCC, 2006). No nosso sistema a emissão de metano na recria e engorda média foi de 53,482 kg/animal/ano e de 146

g/animal/dia; o que representa diminuição de aproximadamente 5% por ano, vale ressaltar que os animais do experimento foram abatidos com idade média de 22 meses, idade inferior a média de abate 3,5 anos de sistemas extensivos (Ribeiro et al., 2008). Então esses animais emitiram menos metano durante todo seu ciclo de produção quando comprados a animais criados extensivamente. Quando se considera essa estimativa ressaltamos que o sistema possuía foragem de maior valor nutricional, com suplementação alimentar aliados a terminação com dieta de alto concentrado. Monteiro (2009) simulando um modelo do processo produtivo de carne bovina cita uma produção total de metano de 53,085 kg/animal/ano no sistema intensivo a pasto com confinamento, dados próximos aos encontrados no presente estudo.

Sistemas intensivos como o do nosso experimento geralmente aumentam a emissão diária de metano, no entanto, como o ciclo de produção é reduzido (abate precoce) a produção total de metano, ao longo da vida, é diminuída. As estimativas de emissões de metano entérico no nosso estudo variaram entre as raças em função dos diferentes ganhos de peso. No período de recria os animais da raça AN apresentaram maior GMD comparado aos animais CAN. Animais que apresentam maior desempenho produzem menores quantidades de metano por unidade de produto gerado (Grainger e Beauchemin, 2011; Freetly et al., 2015).

A produção de metano por GMD foi de 173 g/animal/dia para AN e 191 para CAN g/animal/dia e 235g para AN e 259g para CAN kg de metano para cada kg de produto produzido considerando o GMDc. As diferenças aqui reladas para as raças são referentes as diferenças de GMD no período de recria a pasto, os resultados demonstram que quanto maior o ganho de peso vivo diário, menor é a emissão de metano por quilo de peso vivo ganho. José Neto et al. (2015) avaliando novilhos Nelore a pasto recebendo suplementação encontraram valores de 228 a 257 g de metano cada kg de produto produzido próximos aos encontrados no nosso estudo.

Para os animais do nosso estudo menos alimento foi utilizado para sua manutenção e as emissões totais de metano, ao longo do ciclo de vida, também foram reduzidas, o que resulta em menos CH₄ por kg de peso vivo ou por kg de carne bovina produzida quando comparados a animais em sistemas extensivos (Berchielli et al., 2012; Fraser et al., 2014).

As pesquisas comprovam que, intensificando-se os sistemas de produção pode-se reduzir a emissão entérica de CH₄ por unidade de produto, kg de carne, mesmo que a emissão de N₂O possa ser aumentada pelo uso de fertilizantes nitrogenados, seja para cultivo de grãos seja para adubação de pastagens. Esta redução da emissão por unidade de produto está principalmente relacionada ao melhor aproveitamento do alimento e à redução da idade de abate. Como observamos no nosso experimento. Ruviaro et al. (2014) também observaram que a melhoria na composição da dieta dos bovinos propiciou diminuição na emissão de metano entérico em seu estudo, onde mensuraram a emissão de metano entérico de novilhos castrados em pastagens melhoradas com suplementação e encontraram a estimativa de produção de metano de 168 a 264 g/dia, valores próximos ao encontrado no nosso experimento, enquanto que em pastagens nativas sem suplementação a estimativa de produção de metano foram maiores e variaram de 284 a 435 g/dia.

Conclusões

1. O sistema de ILP forneceu alimento em quantidade e qualidade e aumentou a produtividade animal. Esses sistemas promovem o uso intensivo das áreas de pastagens possibilitando uma produção animal de forma sustentável sem a necessidade de abertura de novas áreas para pastagens.

2. As estimativas de emissões de metano no sistema variaram de acordo com os ganhos obtidos pelos animais. Não houve diferenças entre as raças testadas por ano para as estimativas de metano entérico. A intensificação da produção de carne pode diminuir a produção de metano por quilo de carne produzida.
3. Animais com maior desempenho, tanto a pasto como em confinamento, aliado a um sistema de produção mais intensivo, mantiveram a estimativa de emissão de metano (kg/kg de produto) a níveis inferiores ao sistema extensivos tradicionais.
4. O ILP é eficiente produtivamente, economicamente e ambientalmente e pode ser utilizado para atender a nova demanda de pecuária sustentável no Brasil.

Referências bibliográficas

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

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 15th ed. Arlington: AOAC International, 1990.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V., et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(10) 2011.

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

Barcellos, A. D. O.; Ramos, A. K. B.; Vilela, L., Junior, M., e Bueno, G.. "Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros." **Revista Brasileira de Zootecnia** 37.SPE (2008): 51-67.

BELL, L. W., MOORE, A. D., & KIRKEGAARD, J. A. Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in **Australia**. **European Journal of Agronomy**, 57, 10-20. 2014.

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

BERNDT, A.; PEDROSO A. F.; PEREIRA, L.G. R.; RODRIGUES, P.H. M.; ALMEIDA, R. G.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; FRIGHETTO, R. T. S.; OLIVEIRA, P. P A. **Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico. "Protocolo experimental."** 2012.

BOUWMAN, L.; GOLDEWIJK, K.K.; VAN DER HOEK, K.W.; BEUSEN, A. H. W.; VAN VUUREN, D., WILLEMS, J. RUFINO, M.C. e STEHFESTA, E. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 2011.

CAPELLE, 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.

DAVIS, A.S.; HILL, J.D.; CHASE, C. A.; JOHANNIS, A. M.; LIEBMAN, M. Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. **PLoS ONE** 7(10): e47149. doi:10.1371/journal.pone.0047149. 2012.

DE MORAES, A.; DE FACCIO CARVALHO, P.C.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; VALADÃO, S.E.; KUNRATH, T.R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy** 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>. 2013.

EWERS, R. M.; SCHARLEMANN, J. P.W.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. Do Increases in Agricultural Yield Spare Land for Nature??. **Global Change Biology** v.15, n.7, p.1716–1726, 2009.

FAO (2014), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es.

FAÇANHA, D.A.E; CHAVES, D.F; MORAIS, J.H.G.; VASCONCELOS, A.M.; COSTA, W.P.; GUILHERMINO, M.M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.91-103, 2013.

FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2385-2396, 2008.

FRASER, M. D.; FLEMING, H. R.; MOORBY, J. M. (2014) Traditional vs Modern: Role of Breed Type in Determining Enteric Methane Emissions from Cattle Grazing as Part of Contrasting Grassland-Based Systems. **PLoS ONE** 9(9): e107861.

FREETLY, H. C.; LINDHOLM-PERRY, A. K.; HALES, K. E.; BROWN-BRANDL, T. M.; KIM, M., MYER, P. R., E WELLS, J. E. Methane production and methanogen levels in steers that differ in residual gain. **Journal of Animal Science**, 93(5), 2375-2381. 2015.

GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K. A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. **Animal feed science and technology**, v. 166, p. 308-320, 2011.

GIL, J.; SIEBOLD, M. ; BERGER T. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 199 .394–406. 2015.

GILL, M.; SMITH, P.; WILKINSON, J. M. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. **Animal**, 4(3), 323-333. 2010.

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** 327: 812–818. 2010.

HERD, R. M., P. F. ARTHUR, R. S. HEGARTY; J. A. ARCHER. Potential to reduce greenhouse gas emissions from beef production by selection for reduced residual feed intake. Proc. 7th World Congr. Genet. **Applied to Livestock Production**, Montpellier, France. Comm. No. 10-22. 2002.

HERRERO, M.; THORNTON, P. K.; NOTENBAERT, A. M. MSANGI, S.; WOOD, S.; KRUSKA, R.; DIXON, J.; BOSSIO, D.; STEEG, J. VAN DE; FREEMAN, H.A.; LI, X.; PARTHASARATHY RAO, P. “**Drivers of change in crop-livestock systems and their potential impacts on agro-ecosystems services and human well-being to 2030**” CGIAR System wide Livestock Programme, ILRI International Livestock Research, Nairobi, Kenya, 2009.

HOAGLAND, L.; HODGES, L.; HELMERS, G.A.; BRANDLE, J.R.; FRANCIS, C.A. Labor availability in an integrated agricultural system. **Journal of Sustainable Agriculture**, 34,532–548. 2010.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. O papel do Capítulo 3. Gado em alterações climáticas e poluição do ar. Agricultura, florestas e outros usos da terra. 4: 3,1-3,20. 2006.

"IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.": 1132. 2014.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; DE FACCI CARVALHO, P. C. e DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 190, 4-8.2014.

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, p. 1255–1263, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276. 2011.

McMENIMAN, N.P. Methods of estimating intake of grazing animals. In: SIMPÓSIO SOBRE TÓPICOS ESPECIAIS EM ZOOTECNIA, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.133-168.

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.

MONTEIRO, R. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz. 2009.

MORAINÉ, M.; DURU, M.; NICHOLAS, P.; LETERME, P. e THEROND, O. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. **Animal**. 8, 1204–1217. 2014. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731114001189>.

MORAINÉ, M.; GRIMALDI, J.; MURGUE, C.; DURU, M. e THEROND, O. Co-design and assessment of cropping systems for developing crop-livestock integration at the territory level. **Agricultural Systems**, 147, 87-97. 2016.

NIEDERTSCHEIDER, M.; KUEMMERLE, T.; MULLER, D., KARL-HEINZ ERB, K. H. Exploring the effects of drastic institutional and socio-economic changes on land system dynamics in Germany between 1883 and 2007. **Global Environmental Change**, v.28, p.98–108 2014.

NOWAK, J.; BLOUNT, A.; WORKMAN, S. Integrated timber, forage and livestock production—Benefits of silvopasture (Cir1430). Gainesville: University of Florida Institute of **Food and Agricultural Sciences** 2011. <http://edis.ifas.edu/fr139>. Acessado 15 Novembro 2015.

Plano, A. B. C. "Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura." 2012.

PHALAN, B.; BERTZKY, M.; BUTCHART, S. H. M.; DONALD, P. F., SCHARLEMANN, J. P. W.; STATTERSFIELD A. J. Crop Expansion and Conservation Priorities in Tropical Countries. **PLoS ONE** 8(1): e51759. 2013.

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. Workshop sobre sistemas agroflorestais, 2012.

RIBEIRO, E.L.A.; HERNANDEZ, J.A.; ZANELLA, E.L.; et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.37, n.9, p.1669-1673, 2008.

RUVIARO, C. F.; DE LÉIS, C. M.; LAMPERT, V. D. N.; BARCELLOS, J. O. J. e DEWES, H. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. **Journal of Cleaner Production**, 96, 435-443. (2015).

SAS Institute. **Statistical analysis system: user's guide: statistics. Version 9.1.4**.ed. Cary.NC., 2002.

SILVA, R. O; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J. ;MATSUURA, M.F.; ALBERTINI, T. Z.;; FERNANDES F. A. E MORAN D., Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, 2016.

SULC, R.M. e TRACY, B.F., Integrated crop–livestock systems in the U.S. Corn Belt. **Agronomy Journal** 99, 335–345; 2007.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass and forage science**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

TILMAN, A, D.; BALZERB, HILLC, C. J. e BELINDA L. Beforta a Global food demand and the sustainable intensification of agriculture **PNAS** vol. 108 | no. 50. 2011.

TURINI, T.; RIBEIRO, E. D. A.; ALVES, S. J.; MIZUBUTI, I. Y. e SILVA, L. **Performance of intact and castrated beef cattle in an intensive crop pasture rotation system**. Semina: Ciências Agrárias (Londrina), 36(3 Suppl. 1), 2339-2351. 2015.

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.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de puros e cruzados–BR-CORTE**. Suprema Gráfica Ltda, 2010. 193p.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M. MARCHÃO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K. e MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011.

5. Considerações Finais

A demanda por alimentos de origem animal cresce rapidamente, impulsionada pelo aumento da renda, crescimento populacional e urbanização o que requer maior produtividade na produção animal sem, contudo, comprometer o meio ambiente.

A bovinocultura de corte está relacionada ao impacto das alterações climáticas e a crescente escassez de água e terra, com isso torna-se essencial a preservação dos recursos naturais e é importante a busca por estratégias para melhoria da produtividade aliada a mitigação das emissões de gases do efeito estufa.

A implementação de técnicas como sistema de integração lavoura-pecuária é uma alternativa para melhorar o desempenho de bovinos sem causar danos ao meio ambiente, assim como a intensificação da produção de carne utilizando o confinamento e o cruzamento.

Animais com melhor desempenho, tanto a pasto como em confinamento, aliado a um sistema de produção mais intensivo, mantiveram a estimativa de emissão de metano (kg/kg de produto) a níveis inferiores ao sistema extensivos tradicionais.

O ILP é eficiente produtivamente, economicamente e ambientalmente e pode ser utilizado para atender a nova demanda de pecuária sustentável no Brasil.