

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE
METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E
PASTAGEM**

Luíza Freitas de Oliveira
Zootecnista

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE
METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E
PASTAGEM**

Luíza Freitas de Oliveira

Zootecnista

Orientadora: Prof^a Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Co-orientadora: Dra. Renata Helena Branco

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

2014

Oliveira, Luíza Freitas de
O48c Consumo alimentar residual e produção de metano entérico de
bovinos em confinamento e pastagem / Luíza Freitas de Oliveira. --
Jaboticabal, 2014
i, 46 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Ricardo Andrade Reis, Roberta Carrilho
Canesin
Bibliografia

1. Bovinos de corte. 2. Desempenho. 3. Eficiência. 4. Gases de
efeito estufa. 5. Hexafluoreto de enxofre. 6. Nelore. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.2

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E PASTAGEM

AUTORA: LUIZA FREITAS DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. RENATA HELENA BRANCO ARNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. ROBERTA CARRILHO CANESIN

Instituto de Zootecnia / Centro APTA Bovinos de Corte / Sertãozinho/SP

Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 11 de julho de 2014.

LUÍZA FREITAS DE OLIVEIRA – nascida no dia 28 de fevereiro de 198, na cidade de Cássia, Minas Gerais, filho de Josué Pimenta de Oliveira e Maria Aparecida de Freitas Oliveira. No mês de março do ano de 2007, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista, em Jaboticabal - SP, e obteve o título de Zootecnista em janeiro de 2012. No mês de março de 2012 ingressou no curso de mestrado do programa de pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri e co-orientação da Dra. Renata Helena Branco Arnandes..

Aos meus pais, Josué e Cidinha, que sempre me apoiaram, incentivaram e acreditaram no meu potencial e na minha capacidade de superar limites;

Às minhas irmãs pelo apoio e amizade;

Ao meu esposo Isaías e minha filha Isadora por todo amor e carinho...

DEDICO

À Deus, que é soberano em todas as coisas...

OFEREÇO

Primeiramente à Deus, por ter me capacitado, me dado sabedoria e força em todos os momentos! Obrigada Senhor porque a Sua misericórdia se renova a cada manhã!

Aos meus pais, Josué e Cidinha, por terem sido a todo instante meu suporte, me encorajando e disciplinando sempre que necessário;

Às minhas irmãs, Letícia e Patrícia, pela companhia e amizade;

Ao meu esposo, Isaías, pelo amor e paciência. Só nós sabemos quão difícil foi essa trajetória!

À minha filha, Isadora, que encheu meu mundo de alegria e me deu mais força para continuar lutando pelo meu ideal.

À toda minha família que, por mais ausente devido a distância, sei que todos torceram por mim;

Ao CCI (Centro de Convivência Infantil) desta unidade , em especial às ADI's, que cuidaram da Isadora com muito amor e carinho durante esse tempo;

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso;

À minha orientadora, Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri, pela confiança, ensinamentos e disposição em ajudar sempre;

À minha co-orientadora, Dra Renata Helena Branco Arnandes, pela confiança, ensinamentos e amizade, tanto profissional quanto pessoal, sendo fundamental em todos os processos deste estudo;

À banca examinadora, Ricardo Andrade Reis, que tão generosamente me ajudou e esteve sempre disposto a contribuir com o trabalho, e à Roberta Carrilho Canesin, que além de contribuir na banca, esteve disposta a sanar minhas dúvidas (que não eram poucas) sempre com muita paciência e dedicação e ainda me ajudou na redação do artigo científico. Roberta, muito obrigada mesmo!

À todos os pesquisadores do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, Dra Sarah, Dr. Joslaine Cyrillo, Dra Ana Regina (pelas caronas e conversas), Dr. Fábio, Dr. Enílson e em especial a Dra Maria Eugênia (pela disposição na análise dos dados), por toda a atenção e exemplos de profissionalismo;

À todos os funcionários do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, em especial, Frá, Jôse, Brás e Seu Zé, pela total dedicação à este experimento e pelos ensinamentos que levarei para o resto da vida, à todos que de alguma forma contribuíram para que tudo desse certo;

À todos os estagiários, por toda a ajuda, apoio, conversas e amizades. Sou extremamente grata a todos vocês.

Aos companheiros de Sertãozinho, em especial, à Elaine e Olinta, que tanto ajudaram e contribuíram com o trabalho nesse período. À Cleyse, Julian, André, Gustavo, Guilherme, Henrique e Bruno, por todo auxílio durante o experimento.

À Igreja Presbiteriana de Jaboticabal e seus membros, pela comunhão em todos os momentos, bons e ruins, e pelas orações;

Aos órgãos de Fomento Capes e FAPESP, pela concessão da bolsa e recursos para este experimento.

À todos que de alguma forma contribuíram para que este sonho fosse realizado;

AGRADEÇO

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1 Medidas de eficiência alimentar.....	3
2.2 Produção de metano por bovinos.....	4
2.3 Consumo alimentar residual e sua relação com a emissão de metano.....	6
2.4 Evidências de reclassificação do CAR e suas implicações.....	8
3.Referências.....	11
CAPÍTULO 2 – CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E PASTAGEM.....	
RESUMO.....	16
1. Introdução.....	17
2. Material e Métodos.....	18
2.1. Consumo alimentar residual pós-desmame.....	18
2.2 Produção de metano em confinamento.....	20
2.3 Produção de metano e consumo alimentar residual em pastagem.....	21
2.4 Análises Químicas.....	26
2.5 Análise dos dados.....	28
3. Resultados.....	28
3.1 Produção de metano.....	27
3.2 consumo alimentar residual e reranking.....	31
4. Discussão.....	35
4.1 Consumo alimentar residual e produção de metano.....	35
4.2 Reranking de consumo alimentar residual.....	39
5. Conclusão.....	41
6. Referências.....	42

CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E PASTAGEM

RESUMO - O estudo foi realizado com o objetivo de determinar o consumo alimentar residual (CAR) e a produção de metano entérico em bovinos Nelore confinados e em pastagem. Os animais foram avaliados em teste de desempenho pós-desmama confinados e em pastagem posteriormente. No confinamento foram coletados dados de consumo de alimentos e peso corporal de 163 animais jovens da raça Nelore, para a classificação quanto ao CAR. Destes, 49 animais (25 baixo e 24 alto CAR) foram submetidos à coleta de metano (CH_4) entérico e 73 (49 baixo e alto CAR que participaram da coleta de CH_4 e 24 médio CAR) foram avaliados novamente em pastagem. Quando confinados, os animais foram alimentados com dieta à base de silagem de milho e no pasto (*Brachiaria brizhanta* cv Marandu) foi fornecido suplemento múltiplo. No pasto, a excreção fecal foi estimada através do uso de indicador externo óxido de cromo, o consumo de suplemento, pelo indicador dióxido de titânio e o consumo de matéria seca foi obtido utilizando a FDNi como indicador interno. A mensuração do CH_4 em ambos os experimentos, foi realizada através da técnica do SF_6 durante 7 dias no confinamento e 6 dias no pasto. Os dados foram analisados utilizando procedimento GLM do SAS e as correlações entre o CAR calculado no confinamento e no pasto bem como as correlações entre as suas variáveis foram obtidas através do procedimento PROC CORR do SAS. Não foram encontradas diferenças ($P < 0,10$) entre as classes de CAR no PC inicial, final e metabólico e no GMD em ambos os sistemas. No confinamento foram encontradas diferenças na excreção fecal ($P = 0,0008$), no consumo de MS ($P < 0,0001$), de FDN ($P = 0,0050$), EB ($P = 0,0003$) e na produção de CH_4 (g/dia; $P = 0,0842$) entre as classes de CAR. Na avaliação de CH_4 feita em pastagem, não houve diferenças significativas entre as classes em nenhuma das medidas. No confinamento aproximadamente 31,5% dos animais mantiveram a classe de CAR, ao passo que 68,5% mudaram de classe no pasto. Entretanto apenas 5% dos animais mudaram de CAR baixo para CAR alto, ou seja, de eficientes passaram a ser ineficientes e 17% passaram de CAR alto para CAR baixo. Estes resultados indicam que o CAR pode ser uma medida de seleção para diminuição de CMS e produção de CH_4 quando os animais são avaliados em confinamento, e que há reclassificação de animais avaliados pós-desmame em confinamento e em pastagem.

Palavras-chave

Bovinos de corte, desempenho, eficiência, gases de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, Nelore

RESIDUAL FEED INTAKE AND METHANE ENTERIC PRODUCTION FROM CATTLE IN FEEDLOT AND PASTURE

ABSTRACT - The study was conducted in order to determine the residual feed intake (RFI) and enteric methane production in Nelore cattle feedlot or pasture. The animals were evaluated on performance of feedlot post-weaning test and pasture later. In confinement data of food consumption and body weight of 163 young Nellore, for the classification of the CAR were collected. Of these, 49 animals (25 low and 24 high RFI) underwent collection of methane (CH₄), enteric and 73 (49 low and high RFI that participated in the collection of CH₄ and 24 average CAR) were evaluated again in pasture. When confined, the animals were fed a diet based on corn silage and pasture (*Brachiaria brizhanta* cv Marandu) was supplied multiple supplements. In the pasture, fecal excretion was estimated through the use of external markers of chromium oxide, supplement intake, the indicator titanium dioxide and dry matter intake was obtained using iNDF as internal indicator. The measurement of CH₄, in both experiments, was performed using the technique of SF₆ in confinement for 7 days and 6 days in the pasture. Data were analyzed using GLM procedure of SAS and the correlations between the CAR calculated in the feedlot and on pasture as well as the correlations between their variables were obtained from PROC CORR procedure of SAS. No differences ($P < 0.10$) were found between classes of CAR in the initial, final and metabolic PC and GMD in both systems. In confinement differences were found in the fecal excretion ($P = 0.0008$) in DM intake ($P < 0.0001$), NDF ($P = 0.0050$), EB ($P = 0.0003$) and in the production of CH₄ (g / day, $p = 0.0842$) among the classes of CAR. In evaluating CH₄ made on pasture, there were no significant differences between the classes in any of the measures. At approximately 31.5% of feedlot animals remained class of CAR, whereas 68.5% class switched on pasture. However, only 5% of the animals changed CAR CAR low to high, ie, efficient became inefficient and 17% were from high to low CAR CAR. These results indicate that CAR may be a measure of selection for decreased DMI and CH₄ production when animals are evaluated in confinement, and that there reclassification of animals evaluated post-weaning feedlot or pasture.

Keywords

Beef cattle performance, efficiency, greenhouse gases, Nellore, sulfur hexafluoride

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A análise de dados de pesquisas recentes mostra que em 2050 a população mundial passará de 7,2 bilhões podendo chegar a 9,6 bilhões de pessoas (FAO, 2011). Quanto maior a população, maior a necessidade de produção de alimentos e, conseqüentemente maior será a poluição produzida, o que poderá implicar na degradação de ecossistemas naturais. Os setores agropecuários são responsáveis por quase 30 por cento de todas as emissões de gases de efeito estufa (GEE) induzidas pelo homem na atmosfera, uma contribuição comparável ao do setor de energia e ultrapassando o total de emissões de transporte. A produção agrícola e pecuária é responsável por dois terços do óxido nitroso (N_2O) emitido para a atmosfera pela atividade humana e pela metade do metano (CH_4) principalmente com a emissão de origem entérica (MCT, 2010). Neste contexto, faz-se necessária a reestruturação de toda cadeia produtiva, envolvendo desde o produtor rural até o consumidor final.

O objetivo da maioria dos produtores de carne é maximizar a rentabilidade por meio da otimização do produto final e redução do uso de insumos. A alimentação dos animais é um dos principais contribuintes para a elevação dos custos, apresentando efeito significativo sobre a rentabilidade da produção. Embora os custos de alimentação de animais no pasto sejam mais difíceis de quantificar, são também significativos na produção de carne bovina (principalmente no Brasil, onde os sistemas de produção em pastagens são predominantes). Melhorias na produção de carne bovina por unidade de alimentação ao longo de todo o sistema de produção resultariam em benefícios econômico-ambientais significativos. A busca pela otimização deve depender não apenas de maior quantidade de produção, mas também da eficiência alimentar do animal.

Há diversas medidas de eficiência estudadas e aplicadas em sistemas de produção, dentre elas, conversão alimentar (CA), que é a razão entre consumo de matéria seca diário observado (CMS) e ganho médio diário (GMD), e sua inversa, eficiência alimentar (EA), definida pela razão entre GMD e CMS. Ambas são altamente correlacionadas com ganho de peso e taxa de crescimento (ARCHER et

al., 1999), e, se utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético, poderão resultar em aumento significativo do consumo e do tamanho dos animais (HERD et al., 2003), o que dentro do sistema de produção não seria viável, já que procura-se diminuição nos custos.

Um importante indicador de eficiência alimentar que foi proposto por Koch et al. (1963) é o consumo alimentar residual (CAR). Esta característica pode ser definida como a diferença entre o consumo observado e o consumo estimado em função do peso metabólico ($PV^{0,75}$) e do GMD. Uma das vantagens do CAR é a possibilidade de comparação do CMS dos animais independentemente das diferenças de tamanho ou da taxa de crescimento dos mesmos. A seleção para CAR não resultaria em aumento no tamanho corporal de animais adultos, que consequentemente gera aumento no CMS (BASARAB et al., 2003).

Evidências disponíveis na literatura sugerem que o CAR medido em bovinos jovens está altamente correlacionado ao medido em outras idades (ARTHUR et al., 2001b; ARCHER et al., 2002), porém mais estudos devem ser realizados para que tal conhecimento auxilie na tomada de decisões para a seleção de animais eficientes como reprodutores e qual a melhor idade para a avaliação do CAR nos animais.

Outro ponto importante a ser destacado seria as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por bovinos. A pecuária brasileira vem sofrendo grande pressão a respeito da contribuição da atividade para o aquecimento global, principalmente com relação à emissão de CH_4 , que é um gás produzido naturalmente pelo processo de fermentação do ruminante e possui potencial de aquecimento 25 vezes maior que o dióxido de carbono (CO_2) (IPCC, 2007). A produção de CH_4 entérica pelos ruminantes está diretamente relacionada ao consumo de alimentos, sendo maior a produção de CH_4 quanto maior o consumo do animal (LANCASTER et al., 2009; HEGARTY et al., 2007).

Identificar animais mais eficientes (baixo CAR) além de contribuir para diminuição dos custos de produção também poderá trazer redução nas emissões de CH_4 entérico pelos bovinos, já que foi encontrada correlação positiva entre CAR e produção de CH_4 , resultando em maior sequestro de carbono na produção de carne bovina. Nkrumah et al. (2006) relataram diferença de 28% na produção de CH_4 entre animais baixo e alto CAR, valor correspondente a cerca de 16.100 L/ano a menos de

CH₄ emitido por animais eficientes em relação aos não eficientes. Hegarty et al. (2007) encontraram redução de 13,38 g/dia em emissão de CH₄, associada a redução de 1 kg/dia no valor genético do CAR em bovinos e 12,1 MJ de EM/kg na dieta. Os mesmos autores também reportaram diminuição de 25% na emissão de CH₄ e 41% no consumo em animais baixo CAR, sendo que, os animais eficientes produziram 24% menos CH₄ por unidade de ganho. Assim, selecionar animais com menor consumo e bom desempenho pode ser um meio de escolha para produzir animais com menor emissão de CH₄.

Compreender a relação entre CAR determinado em teste de desempenho pós-desmame em sistema de confinamento e, posteriormente, em sistema de pastejo e as respectivas emissões de GEE, como o CH₄, irá melhorar a compreensão de como os animais mais eficientes se comportam em diferentes ambientes de produção.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar a produção metano entérico em animais Nelore pertencentes a classes divergentes de CAR em confinamento e em pastagem e avaliar se os animais mudam sua classificação de CAR em diferentes sistemas de produção e fases de desenvolvimento.

2. Revisão de Literatura

2.1. Medidas de eficiência alimentar

A eficiência do uso do alimento não é uma característica diretamente mensurável, é função do alimento consumido, do ganho de peso e do tempo. As medidas de eficiência podem variar de acordo com as diferentes condições ambientais. Experimentos conduzidos em intervalos de tempo, idades e pesos corporais diferentes causam alterações nas exigências de manutenção, composição do ganho e consumo alimentar. Essas alterações influenciam as variações das medidas de eficiência e dificultam as comparações entre animais.

Algumas características têm sido propostas e usadas para determinar a eficiência energética de bovinos, entre elas: eficiência parcial de crescimento (EPC; KELLNER, 1909); conversão alimentar (CA; BRODY, 1945); taxa de Kleiber (TK; KLEIBER, 1936); consumo alimentar residual (CAR; KOCH et al., 1963) e taxa de crescimento relativo (TCR; FITZHUGH & TAYLOR, 1971). As relações entre as

características de eficiência alimentar e de crescimento são reportadas por Arthur et al. (2001a) e Richardson & Herd (2004). Há, entretanto, diferenças entre as características de eficiência alimentar e as relações com outras características, como as de crescimento. Por exemplo, o GMD não é correlacionado com o CAR, mas é correlacionado moderadamente com a CA (ARTHUR et al., 2001a,b; SCHENKEL et al., 2004).

Entre as características de avaliação de eficiência alimentar, o CAR é indicado para a comparação de dados entre ambientes e grupos contemporâneos diferentes (HERD et al., 2003). Por ser geneticamente independente do nível de produção e do tamanho corporal, o CAR tem sido utilizado em programas de melhoramento genético (ARTHUR et al., 2001b e MERCADANTE e GRION, 2013). A utilização desta medida permite a comparação do CMS dos animais independente das diferenças da taxa de crescimento ou de tamanho dos mesmos.

Portanto deve-se atentar, tanto nos programas de melhoramento genético quanto nas fazendas produtoras de bovinos de corte, com a alimentação (quantidade e qualidade), a observação da relação que existe entre a utilização dos insumos e os resultados de eficiência de conversão desses alimentos. Isso deve ser feito para que, além da redução dos insumos utilizados, exista um aumento na quantidade de produto final, resultando em atividade mais lucrativa, no caso das fazendas, e maior acurácia no caso dos programas de seleção.

2.3 Produção de metano por bovinos

A pecuária contribui para as emissões de CH_4 por duas vias: fermentação entérica e dejetos animais. Os herbívoros ruminantes, como bovinos, ovinos, bubalinos e caprinos, através da fermentação entérica, processo digestivo que ocorre no rúmen, produzem CH_4 . O CH_4 é um importante gás de efeito estufa, apresentando potencial de aquecimento 25 vezes maior que o do gás carbônico e vida útil aproximada de 12 anos na atmosfera (IPCC, 2006). As emissões globais desse gás, geradas a partir dos processos entéricos, são estimadas em 7,1 Gt CO_2 -equiv./ano, correspondendo cerca de 18% das emissões totais de CH_4 geradas por fontes antrópicas (HRISTOV et al., 2014).

No Brasil, 68% da pecuária é representada por bovinos (87% de corte e 13% de leite, aproximadamente), com pouco mais de 212 milhões de animais em 2011 (IBGE, 2012), sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais. Grande parte desses animais é de origem Nelore ou anelorados, criados em sistemas predominantemente extensivos, de baixo investimento de capital. Nestes sistemas a maioria das pastagens estão em processo de degradação, o aumento da produtividade é uma das opções para tornar a pecuária mais rentável (BERNARDI et al., 2009), o que poderia também mitigar as emissões de CH_4 (VILELA et al., 2005).

O gás CH_4 é produzido através da fermentação ruminal que é o resultado de atividades microbiológicas, responsáveis pela conversão dos componentes dos alimentos (carboidratos e nitrogênio) em subprodutos utilizados no metabolismo animal tais como os ácidos graxos voláteis (AGVs), a proteína microbiana e as vitaminas do complexo B. O CH_4 e o gás carbônico são substâncias não aproveitadas pelo indivíduo, e são fisiologicamente eliminadas (VAN SOEST, 1994). Cerca de 8 a 14% da energia digestível eliminada pelos ruminantes é via gás CH_4 (HERD et al., 2002).

A fermentação, que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes, é um processo anaeróbio, efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético (C_2), propiônico (C_3) e butírico (C_4). Nesse processo fermentativo, são produzidos dióxido de carbono e CH_4 , em quantidades variáveis, dependendo da concentração e das proporções relativas dos ácidos produzidos (OWENS e GOETSCH, 1988; EUN et al., 2004).

A proporção dos ácidos graxos de cadeia curta no rúmen depende da dieta, sendo que rações ricas em grãos favorecem a maior formação do ácido propiônico, enquanto que rações com alta proporção de alimentos volumosos favorecem a produção de ácido acético (OWENS e GOETSCH, 1988).

A produção de CH_4 no rúmen está diretamente relacionada com a concentração de H_2 (CHAUCHEYRAS et al., 1995). Na medida em que ocorre a fermentação dos carboidratos no rúmen, aumentam-se os teores de H_2 que, se não forem removidos, inibem os sistemas enzimáticos que envolvem o NADH, enzima

importante na fermentação dos carboidratos (PEDREIRA, 2004). Os estudos realizados por MILLER (1995), JOHNSON e JOHNSON (1995) e McALLISTER et al. (1996) revelaram que a emissão de CH_4 proveniente da fermentação ruminal depende principalmente do tipo de animal, nível de consumo de alimentos, tipo de carboidratos presentes na dieta, processamento da forragem, adição de lipídeos no rúmen, suprimento de minerais, manipulação da microflora ruminal e da digestibilidade dos alimentos. Por essas razões, alguns estudos indicam que para haver redução das emissões de CH_4 pela pecuária deve se adotar medidas que refletem na melhor eficiência produtiva do sistema.

Moss e Givens (2002) citam que o desempenho mais elevado dos animais pode reduzir a emissão de CH_4 em função da redução no número de animais no sistema de produção, considerando ainda que, em criações que visam produção de carne, aumento no desempenho dos animais resulta em menor permanência do animal no sistema, reduzindo a produção do gás durante o ciclo de vida.

Diante desse cenário ao qual se somam novas exigências periodicamente tanto do governo quanto dos ambientalistas e produtores (rastreadabilidade, carne de qualidade, questões sanitárias e ambientais), o pecuarista precisa entender que é necessário elevar a produtividade para garantir a rentabilidade do empreendimento pela diluição dos custos fixos de produção e dos custos de oportunidade do uso do capital, visando à redução do custo médio de produção.

2.4 Consumo alimentar residual e sua relação com a emissão de metano

Alguns estudos indicam que a identificação e seleção de animais mais eficientes contribuem para a diminuição das emissões de CH_4 , pois o consumo de MS está altamente relacionado com a emissão desse gás. Estudos recentes têm mostrado que a seleção para baixo CAR (animais mais eficientes) leva a reduções nas emissões de CH_4 de 12 a 30% (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007; FITZSIMONS et al., 2013). Fitzsimons et al. (2013) encontraram que a emissão de CH_4 dos animais mais eficientes foi 12,5% menor que a dos animais menos eficientes.

Hegarty et al. (2007) avaliaram a relação entre CAR, obtido em teste de desempenho e a taxa diária de emissão de CH_4 entérico, obtida pela técnica do gás

traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆), em 76 novilhos da raça Angus de duas linhas de seleção divergentes para CAR (baixo e alto CAR). Durante a coleta de CH₄ os animais tiveram menor consumo de matéria seca diário, do que quando o CH₄ não estava sendo coletado (11,18 vs 11,88 kg). Foi observada diferença significativa no consumo de matéria seca e na emissão diária de CH₄ entre os animais baixo e alto CAR (8,38kg de MS/dia vs 14,1 kg de MS/dia e 142 g/dia de CH₄ vs 190 g/dia de CH₄, respectivamente). Neste estudo, foi calculado um CAR durante os 15 dias da coleta de CH₄ e foi encontrada redução de 1,17kg de consumo de MS em relação ao CAR avaliado durante os 70 dias totais do teste. Os resultados deste estudo sugerem que a seleção de bovinos com base nos valores genéticos estimados para CAR, oferecem um mecanismo eficiente para diminuir as emissões de CH₄ entérico sem comprometer a produtividade animal.

Jones et al. (2011) conduzindo um experimento com 48 vacas da raça Angus em pastejo, com valores genéticos estimados (VGE) para CAR avaliaram os efeitos da qualidade da forragem e do estado fisiológico da vaca na emissão de CH₄ com valores divergentes de CAR. As emissões de CH₄ (g/animal/dia) foram mensuradas usando a técnica de espectrofotômetro infravermelho associada ao gás traçador N₂O. Os autores relataram que não houve diferenças significativas no consumo de matéria seca (kg de MS/ 500 kg de PC entre os animais dos dois grupos de CAR e que fêmeas prenhes dos dois grupos de CAR submetidas a pastagens de baixa qualidade apresentaram emissões semelhantes de CH₄/kg de PC (0,26±0,013 vs 0,26±0,018). Este fato pode estar relacionado à baixa qualidade da proteína bruta (71g/kg) do pasto, sendo que a exigência mínima é de 80-90g/kg para cumprir a exigência de nitrogênio para a população microbiana. Entretanto, vacas com bezerros mantidas em pastagem de alta qualidade apresentaram diferenças na emissão de CH₄/kg de PC entre os grupos de CAR (0,34±0,017 para baixo CAR e 0,46±0,023 para alto CAR). Os resultados desse trabalho sugerem que vacas baixo CAR emitem menos CH₄ quando estão em pastagens de alta qualidade.

O CAR está sendo defendido como um possível meio para reduzir as emissões diárias de CH₄ em bovinos pois é uma característica de eficiência alimentar que não compromete o desempenho e não altera o peso adulto dos animais (WAGHORN E HEGARTY, 2011). Dessa forma a seleção para tal,

proporciona ao produtor flexibilidade para desenvolver um plano de gestão da propriedade, que atenda a sustentabilidade econômica e ambiental da propriedade.

2.2 Evidências de reclassificação do CAR e suas implicações

O uso do CAR na seleção de bovinos de corte foi sugerido na década de 1960 por Koch et al. (1963), como uma característica relevante a ser usada para melhorar a eficiência dos animais na utilização dos nutrientes fornecidos, melhorando assim a eficiência alimentar. O CAR é definido como a diferença, ou o resíduo, entre o consumo real (observado) e o esperado (predito) com base em requisitos de produção (ganho médio diário) e manutenção do PC, em um determinado nível de produção. É uma característica fenotípica independente do PC e da taxa de crescimento dos animais. Essa é uma das vantagens do CAR em relação às outras características de eficiência, como, por exemplo, a conversão alimentar, em que a correlação genética com a taxa de crescimento pode levar a aumento no tamanho e no consumo, o que nem sempre é desejável (ARCHER et al., 1999).

Uma série de pesquisas publicadas na Austrália e revisadas por Arthur e Herd (2008) mostraram que a seleção de animais classificados como CAR negativo pode resultar em progênie que consomem menos alimento para um mesmo ganho, sem efeitos negativos no desempenho animal, daí o grande interesse em se selecionar animais para CAR, que é uma ferramenta de produção atraente porque é fenotipicamente independente do ganho médio diário (GMD) e PC (ARCHER et al., 1999). Isso tem sido apoiado por vários estudos que mostram que o CAR foi independente das características de produção usadas para calculá-lo (ARTHUR et al., 2001 a e b.; CARSTENS et al., 2002; NKRUMAH et al., 2004). Nkrumah et al. (2004) também demonstraram em seus estudos que o CAR foi independente da idade. Estes resultados sugerem que a seleção com base no CAR não deve alterar as características de produção ao longo do tempo. Nestes estudos, como seria esperado, o CMS foi altamente correlacionado com o CAR.

Herd et al. (2004) demonstraram que animais com avaliação genética favorável para CAR, em confinamento, produziram progênie a pasto com melhora de 41% na eficiência alimentar e CAR 26% menor. A correlação genética entre o CAR em novilhas confinadas e depois nas mesmas fêmeas, adultas, em pasto, foi

superior a 90%, indicando tratar-se da mesma característica genética (ARTHUR et al., 2001a).

De acordo com Richardson et al. (2004) e Herd & Arthur (2009) são muitos os mecanismos fisiológicos que contribuem para a variação do CAR. Esses autores relataram que o padrão de alimentação contribui em 2%, a digestão contribui em 10%, o incremento calórico associado à digestão em 9%, a atividade física em 10%, o “turnover” proteico, metabolismo tecidual e estresse contribuem com pelo menos 37% e o transporte de íons juntamente com outros mecanismos até então desconhecidos, contribuem com 27% da variação no CAR (Figura 1). A variação no CAR, por si só, é associada à variação nas exigências energéticas de manutenção dos ruminantes. Conforme o consumo alimentar aumenta, com o passar da idade, a quantidade de energia gasta para digerir o alimento também aumenta, em parte devido ao aumento no tamanho dos órgãos digestivos e aumento na energia gasta com os seus tecidos. Essa pode ser uma justificativa para possível reclassificação do CAR em animais testados pós-desmama e posteriormente em fase adulta ou em períodos subsequentes.

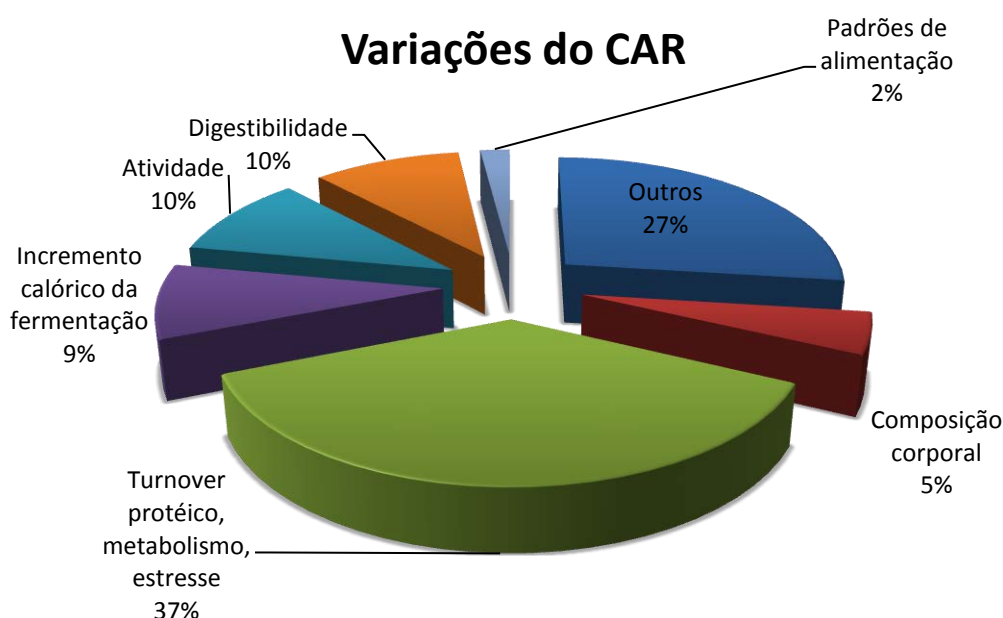


Figura 1. Contribuições de mecanismos biológicos à variação do CAR, determinado a partir de experimentos com bovinos selecionados para alto, médio e baixo CAR. Adaptado de Richardson e Herd (2004)

Dado o aumento do uso do CAR para identificar animais eficientes na alimentação, é importante saber a eficácia como medida de eficiência alimentar em diferentes dietas e conforme o grau de maturidade do animal.

Durunna et al. (2011) relataram que 58% dos novilhos mestiços alimentados com dieta de crescimento e terminação mudaram a classificação do CAR de um período de alimentação para outro em 0,5 DP (desvio padrão) ou de 0,24 a 0,38 kg de MS.d⁻¹. Esses dados sugerem que a mensuração do CAR de um animal feito em dieta de crescimento pode não refletir no CAR desse animal em dieta de terminação. Vários grupos de pesquisas (KELLY et al., 2010; DURUNNA et al., 2011) têm relatado baixa a moderada repetibilidade em novilhos (0,33) e novilhas (0,62) alimentados com dieta de crescimento e, em seguida com dieta de terminação. Embora a reclassificação do CAR possa causar alguma preocupação relativa à sua utilização como critério de seleção, Durunna et al. (2011) relataram que o CAR apresentou correlação maior ou próximo (0,33) quando comparados com a CA (0,20) e GMD (0,36) que também são medidas utilizadas nos programas de melhoramento genético para seleção de animais que serão pais das próximas gerações.

Em um estudo mais recente, Durunna et al. (2012) examinando a reclassificação do CAR de um período de alimentação para outro em novilhas de reposição da raça Angus alimentadas com a mesma dieta determinaram que 49% das novilhas mantiveram sua classe CAR de um período para o outro. Esse resultado sugere que o CAR oferece uma oportunidade para a seleção de novilhas que mantêm a sua eficiência à medida que amadurecem ou conforme o ambiente muda. Além disso, a existência de reclassificação também oferece uma oportunidade para selecionar indivíduos que não são muito sensíveis à mudança de ambientes.

Compreender como a associação do CAR determinado em teste de desempenho pós-desmama se refere ao desempenho do animal em pastagem auxiliará a tomada de decisão para seleção dos animais que serão mais eficientes em ambos os sistemas de produção.

3. Rerefências

- ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 50, p. 147-161, 1999.
- Archer, J. A., A. Reverter, R. M. Herd, D. J. Johnston, and P. F. Arthur.. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. Prec. **7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**. Montpellier, France. 7:0-4, 2002.
- ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 269-279, 2008.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; MELVILLE, G.J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: CONFERENCE OF ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14., Queenstown. **Proceedings...** Queenstown. v. 14, 2001a, p. 135-138, 2001.
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 2805-2811, 2001b.
- BASARAB, J. A., M. A. PRICE, J. L. AALHUS, E. K. OKINE, W. M. SNELLING, AND K. L. LYLE. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 83:189–204.
- 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.
- BRODY, S. Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals. **Reinhold Publishing Corp.**, New York, 1945.
- CARSTENS, G. E., C. M. THEIS, M. B. WHITE, T.H. WELSH JR., B. G. WARRINGTON, R. K. MILLER, R. D. RANDEL, T. D. A. FORBES, H. LIPPKE, L. W. GREENE, AND D. K. LUNT. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. *Beef Cattle Research in Texas*. **Nutrition**. P. 31-34, 2002.
- CHAUCHEYRAS, F., FONTY, G., BERTIN, G. AND GOUET, P. Effects of live *Saccharomyces cerevisiae* cells on zoospore germination, growth and

cellulolytic activity of the rumen anaerobic fungus, *Neocallimastix frontalis* MCH3. **Curr. Microbiol.**, 31: 201-205, 1995.

DURUNNA O. N., COLAZO M.G., AMBROSE D. J., MCCARTNEY D., BARON V. S., BASARAB J. A. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. 2012. **Journal of Animal Science**. 90:734–741.

DURUNNA, O.N.; PLASTOW, G.; MUJIBI, F.D.N.; GRANT, J.; MAH, J.; BASARAB, J.A.; OKINE, E.K.; MOORE, S.S.; WANG, Z. Genetic parameters and genotype x environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. **Journal of Animal Science**. v. 89, p. 3394-3400, 2011.

FITZHUGH, H. A., JR. AND ST. C. S. TAYLOR. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science** .33:717, 1971.

HEGARTY, R. S., J. P. GOOPY, R. M. HERD, AND B. MCCORKELL. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**. 85:1479–1486, 2007.

HERD, R. M., AND P. F. ARTHUR. Physiological basis for residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 87:E64–E71, 2009.

HERD, R. M., V. H. ODDY, AND E. C. RICHARDSON. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Aust. J. Exper. Agric.** 44: 423-430, 2004.

HERD, R.M. et al. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *Journal of Animal Science, Savoy*, v.81, p.9-17, 2003.

HERD, R.M.; HEGARTY, R.S.; DICKER, R.W.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Selection for residual feed intake improves feed conversion in steers on pasture. **Animal Production in Australia**. v. 24, p. 85-88, 2002.

HRISTOV A.N., J. OH, C. LEE, R. MEINEN, F. MONTES, T. OTT, J. FIRKINS, A. ROTZ, C. DELL, A. ADESOGAN, W. YANG, J. TRICARICO, E. KEBREAB, G. WAGHORN, J. DIJKSTRA, S. OOSTING. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in Livestock Production – A Review of Technical Options for non-CO2 Emissions.

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.

JONES, F. M., F. A. PHILLIPS, T. NAYLOR, AND N. B. MERCER. Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. **Anim. Feed Sci. Technol.** 166–167:302–307, 2011.

- JOHNSON KA AND JOHNSON. The Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science** 73, 2483–2492, 1995.
- KELLNER, O. **The Scientific feeding of animals**. New York: MacMillan, 404 p. 76p, 1909.
- KELLY, A.K., MCGEE M, CREWS D.H. JR, SWEENEY T, BOLAND, T.M. AND KENNY, D.A. Repeatability of feed efficiency, carcass ultrasound, feeding behavior, and blood metabolic variables in finishing heifers divergently selected for residual feed intake. **Journal of Animal Science** 88, 3214–3225, 2010.
- KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food production. In: *Proceedings of the American Society of Animal Production*, 29, Madison, WI. **Proceedings...** Madison, WI:1936. p. 247-258, 1936.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**. v. 22, p. 486-494, 1963.
- KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.311–338, 1994.
- LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; CREWS, D.H. Jr.; WELSH, T.H. Jr.; FORBES, T.D.A.; FORREST, D.W.; TEDESCHI, L.O.; RANDEL, R.D.; ROUQUETTE, F.M. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**. v. 87, p. 3887-3896, 2009.
- McALLISTER, E.K.; CHENG, K.J.; OKINE, E.K. et al. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, p.231-243, 1996.
- MCT, 2010. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal - Parte II da Segunda Comunicação Nacional do Brasil. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>.
- MILLER, T.L. Ecology of methane production and hydrogen sinks in the rumen. Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. In: *International Symposium on Ruminant Physiology*, 8, **Proceedings...** ed. Engelhardt, W.V., Leonhard-Marek, S., Breves, G. and Giesecke, D. p.317–331. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1995.
- MERCADANTE, M.E.Z.; GRION, A.L. Perspectivas de inclusão da eficiência alimentar em programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

Palestra. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, 10., 2013, Uberaba. Anais... Uberaba: SBMA, 2013.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. **Animal Feed Science and Technology**. v.97, n.3, p.127-143, 2002.

NKRUMAH, J. D., E. K. OKINE, G. W. MATHISON, K. SCHMID, C. LI, J. A. BASARAB, M. A. PRICE, Z. WANG, AND S. S. MOORE. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**. 84: 145-153, 2006.

NKRUMAH, J. D., C. LI, J. A. BASARAB, S. GUERCIO, Y. MENG, B. MURDOCH, C. HANSEN, AND S. S. MOORE. Association of a single nucleotide polymorphism in the bovine leptin gene with feed intake, feed efficiency, growth, feeding behaviour and carcass quality and body composition. **Can. Journal of Animal Science**. 84:211–219, 2004.

OWENS, S. N., AND A. L. GOETSCH. Ruminal fermentation. In *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*, 145. D. C. Church, ed. Prospect Heights, Ill.: Waveland Press, 1988.

PEDREIRA, M. dos S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G. de; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. Produção de metano e concentração de ácidos gráxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso: concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 5 f. 1 CD-ROM, 2004.

RICHARDSON, E. C., R. M. HERD, L. A. ARCHER, AND P. F. ARTHUR. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Aust. J. Exper. Agric.** 44:441-452, 2004.

RICHARDSON, E.C., HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Aust. J. Exp. Agric.** 44, 431–440, 2004.

SCHENKEL, F.S.; DEVITT, C.J.B.; WILTON, J.W.; MILLER, S.P.; JAMROZIK, J. Random regression analyses of feed intake of individually tested beef steers. **Livestock Production Science**. v. 88, p. 129-142, 2004.

USEPA. Evaluation ruminant livestock efficiency projects and programs: peer review draft. Washington: United States Environmental Protection Agency, 48p, 2000.

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

VILELA, L.; MARTHA JR., G.B.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P. Pasture degradation and long-term sustainability of beef cattle systems in the Brazilian Cerrado. "Discussion draft presented at the Symposium Cerrado Land- Use and Conservation: Assessing Trade-Offs Between Human and Ecological Needs. **XIX Annual Meeting of the Society for Conservation Biology Capacity Building & Practice in a Globalized World**, Brasília, Brazil. 15-19 July 2005.

WAGHORN, G. C., AND R. S. HEGARTY. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. **Anim. Feed Sci. Technol.** 166–167:291–301, 2011.

CAPÍTULO 2- CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO E PASTAGEM

RESUMO - O estudo foi realizado com o objetivo de determinar o consumo alimentar residual (CAR) e a produção de metano entérico em bovinos Nelore confinados e em pastagem. Os animais foram avaliados em teste de desempenho pós-desmama confinados e em pastagem posteriormente. No confinamento foram coletados dados de consumo de alimentos e peso corporal de 163 animais jovens da raça Nelore, para a classificação quanto ao CAR. Destes, 49 animais (25 baixo e 24 alto CAR) foram submetidos à coleta de metano (CH_4) entérico e 73 (49 baixo e alto CAR que participaram da coleta de CH_4 e 24 médio CAR) foram avaliados novamente em pastagem. Quando confinados, os animais foram alimentados com dieta à base de silagem de milho e no pasto (*Brachiaria brizhanta* cv Marandu) foi fornecido suplemento múltiplo. No pasto, a excreção fecal foi estimada através do uso de indicador externo óxido de cromo, o consumo de suplemento, pelo indicador dióxido de titânio e o consumo de matéria seca foi obtido utilizando a FDNi como indicador interno. A mensuração do CH_4 em ambos os experimentos, foi realizada através da técnica do SF_6 durante 7 dias no confinamento e 6 dias no pasto. Os dados foram analisados utilizando procedimento GLM do SAS e as correlações entre o CAR calculado no confinamento e no pasto bem como as correlações entre as suas variáveis foram obtidas através do procedimento PROC CORR do SAS. Não foram encontradas diferenças ($P < 0,10$) entre as classes de CAR no PC inicial, final e metabólico e no GMD em ambos os sistemas. No confinamento foram encontradas diferenças na excreção fecal ($P = 0,0008$), no consumo de MS ($P < 0,0001$), de FDN ($P = 0,0050$), EB ($P = 0,0003$) e na produção de CH_4 (g/dia; $P = 0,0842$) entre as classes de CAR. Na avaliação de CH_4 feita em pastagem, não houve diferenças significativas entre as classes em nenhuma das medidas. No confinamento aproximadamente 31,5% dos animais mantiveram a classe de CAR, ao passo que 68,5% mudaram de classe no pasto. Entretanto apenas 5% dos animais mudaram de CAR baixo para CAR alto, ou seja, de eficientes passaram a ser ineficientes e 17% passaram de CAR alto para CAR baixo. Estes resultados indicam que o CAR pode ser uma medida de seleção para diminuição de CMS e produção de CH_4 quando os animais são avaliados em confinamento, e que há reclassificação de animais avaliados pós-desmame em confinamento e em pastagem.

Palavras-chave

Bovinos de corte, desempenho, eficiência, gases de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, Nelore

1. INTRODUÇÃO

A demanda global de disponibilidade de alimentos estimula a produção de bovinos, mas também leva a um aumento das emissões de gases de efeito estufa. De fato, há evidências de que a pecuária contribui para essas emissões de gases (REF). Mitigação da emissão de metano por bovinos precisa considerar sistemas de produção/alimentação que podem ser adotadas sem comprometer os custos de produção agrícola e produtividade animal. Muitas pesquisas estão sendo realizadas com o intuito de diminuir custos com a produção e ainda reduzir a emissão de gases de efeito estufa (Nkrumah et al., 2006; Fitzsimons et al., 2013).

Uma forma de reduzir as emissões de metano é identificar animais com potencial em utilizar o alimento de forma mais eficiente ou em reduzir a produção desse gas por unidade de peso corporal (Cottle et al., 2011; Basarab et al., 2013). O consumo alimentar residual (CAR) tem sido utilizado como critério de seleção de bovinos de corte para a melhoria da eficiência alimentar individual, e consequentemente, para reduzir a emissão de metano entérico em diferentes sistemas de produção e em diferentes fases de desenvolvimento do animal (Nkrumah et al., 2006 e Hegarty et al., 2007). Mas a literatura referente à CAR e a produção de metano de animais mantidos no pasto ainda não está bem estabelecida (Jones et al., 2011). Além disso, não existem estudos que reclassificaram a eficiência alimentar (reranking) de bovinos de corte contemporâneos quando submetidos a diferentes sistemas de produção e ainda avaliaram os efeitos na emissão de metano entérico.

Nosso objetivo foi quantificar a produção metano entérico em animais Nelore pertencentes a classes divergentes de CAR em confinamento e em pastagem e avaliar se os animais mudam sua classificação de CAR em diferentes sistemas de produção e fases de desenvolvimento. O conhecimento sobre essa relação é importante para as decisões de seleção em relação aos quais os animais permanecerão eficientes em diferentes fases de desenvolvimento, em diferentes sistemas de produção e com menor emissão de metano entérico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos subsequentes sendo o primeiro em sistema de confinamento, para determinação do CAR e produção de metano, e o segundo realizado com os mesmos animais em pastagem para a reclassificação do CAR e produção de metano.

Os experimentos foram realizados no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, do Instituto de Zootecnia, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Brasil. O local está situado à 21°10'56" de latitude sul e 48°05'51" de longitude em altitude de 520 metros. O clima é caracterizado, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, como Aw, tropical úmido. A temperatura média anual é de 22,3°C e precipitação média anual de 1.452 mm.

As médias mensais de temperatura e a precipitação pluvial, referentes ao período experimental estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados de temperatura máxima, mínima e precipitação do segundo semestre do ano de 2012 e primeiro semestre do ano de 2013 do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho - São Paulo.

Ano	Período	Precipitação mm	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Temperatura média °C
2012	Junho	130	26,6	12,7	19,7
	Julho	29,5	27,6	8,8	18,2
	Agosto	0	28,9	11,6	20,3
	Setembro	92,7	31,9	13,5	22,7
	Outubro	61	33,9	17,5	25,7
	Novembro	162,2	32,1	17,6	24,8
	Dezembro	145,7	32,6	20,3	26,5
2013	Janeiro	254,3	31,0	18,8	24,9
	Fevereiro	138,5	31,8	19,2	25,5
	Março	241	30,6	18,3	24,4
	Abril	49,9	29,3	15,5	22,4
	Maior	93,4	28,5	12,8	20,6
	Junho	68,5	27,5	13,3	23,4

Fonte: www.ciiagro.sp.gov.br - Monitoramento climático

2.1 Consumo alimentar residual pós-desmame

Os dados foram obtidos a partir de 163 animais nascidos no ano de 2011, sendo 112 machos com idade e peso corporal médios de 271 dias e 241 ± 40 kg, respectivamente, e 51 fêmeas com idade e peso corporal médios de 310 dias e 254 ± 28 kg, respectivamente. Os

animais foram submetidos ao teste de desempenho pós-desmama em confinamento para avaliação do consumo alimentar residual. O consumo de matéria seca (CMS) e desempenho produtivo foram realizados durante o teste de desempenho (112 dias), sendo 28 dias de adaptação dos animais à dieta e à instalação e três períodos subsequentes de 28 dias para coleta de dados. Os animais foram avaliados em baias individuais e em dois piquetes coletivos com sistema automático de alimentação GrowSafe® (GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá). No sistema de alimentação GrowSafe® cada piquete possuía cinco cochos dispostos lado a lado onde foram alojados 45 machos por piquete. Os 22 machos e as 51 fêmeas foram alojados em baias individuais. A avaliação em baias individuais foi realizada em duas instalações distintas, uma instalação alojou 22 machos e 20 fêmeas e a outra, 32 fêmeas. Ambas instalações cobertas parcialmente com cochos individuais e bebedouros comum para duas baias. Durante o período experimental os animais receberam dieta à base de silagem de milho, feno de capim-marandu, milho moído, farelo de soja, ureia, sulfato de amônio e sal mineral (Tabela 3).

A dieta foi fornecida *ad libitum* permitindo uma sobra de 5 a 10%, e era fornecida duas vezes ao dia. O consumo diário de alimentos pelos animais alojados nas baias individuais foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras. Já o consumo diário de alimentos pelos animais que estavam no Growsafe® foi registrado individualmente pelo sistema. Nas ocasiões em que o monitoramento automático do sistema não funcionou, os dados foram excluídos de todas as análises. As pesagens iniciais e finais foram realizadas com prévio jejum. Nas pesagens intermediárias (sem jejum), os machos foram pesados semanalmente, e as fêmeas, quinzenalmente com dois dias consecutivos, durante todo período experimental.

O consumo de matéria seca (CMS) foi calculado como a média de todo o período experimental, o ganho médio diário (GMD) foi calculado por meio da regressão do peso nos dias em teste (84 dias) e o peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) foi calculado como:

$$[\text{peso inicial} + \text{GMD} \times (\text{duração do teste}/2)]^{0,75}.$$

O CAR foi estimado como o resíduo da equação de regressão do CMS em função do peso metabólico ($PC^{0,75}$) e o ganho médio diário (GMD), conforme modelo proposto por Koch et al. (1963):

$$CMS = \beta_0 + \beta_P * PV^{0,75} + \beta_G * GMD + \text{erro};$$

em que β_0 é o intercepto da regressão, β_P e β_G são coeficientes de regressão linear do peso metabólico e do ganho médio diário, respectivamente.

Ao término do experimento os animais foram classificados pela equação $CAR = \text{Consumo Observado} - \text{Consumo Estimado} (f\{PC, GMD\})$ e separados em três classes: alto CAR ($>\text{média} + 0,5 \text{ DP}$; $n=48$); médio CAR ($\pm 0,5 \text{ DP}$ da média; $n=60$); e baixo CAR ($<\text{média} - 0,5 \text{ DP}$; $n=55$). A conversão alimentar (CA) foi calculada como a razão entre o CMS (unidade) e GMD (unidade).

2.2 Produção de metano em confinamento

Após a classificação dos animais para CAR, foram amostrados 49 animais com valores extremos de CAR, sendo 24 machos e 25 fêmeas, classificados em baixo CAR ($n= 25$) e alto CAR ($n= 24$) para coleta de metano com duração de 14 dias sendo sete dias para adaptação aos aparatos e os outros sete dias para a coleta. Os machos (baixo CAR $n=12$; alto CAR $n=12$) foram avaliados em novembro de 2012 e as fêmeas (baixo CAR $n=13$; alto CAR $n=12$) em dezembro de 2012. Para tal avaliação foi utilizada a metodologia do gás traçador SF_6 , publicada por Johnson e Johnson (1995) e adaptada por Primavesi et al. (2004).

As cápsulas de permeação com SF_6 foram inseridas no rúmen dos animais no 1º dia do período de adaptação da coleta de metano com auxílio de um aplicador de PVC. As amostras do gás expirado/eructado pelos animais foram coletadas e armazenadas em cangas coletoras que foram retiradas e substituídas a cada 24 horas durante sete dias consecutivos (8º dia ao 14º dia). As trocas foram realizadas nas próprias baias. A quantificação de metano na amostra de gás coletada foi realizada em função das concentrações de SF_6 através de cromatografia gasosa. A taxa de emissão de CH_4 (QCH_4) foi calculada a partir das concentrações de CH_4 e de SF_6 medidas e da taxa conhecida de emissão de SF_6 (QSF_6):

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

As concentrações basais de CH_4 e de SF_6 foram subtraídas de suas concentrações nas cangas coletoras. Desconsideraram-se as concentrações basais de SF_6 por serem muito baixas. Foram subtraídas as concentrações basais de CH_4 (aproximadamente 2 mg/L (ppm); $[CH_4]_b$) necessitam ser subtraídas das concentrações determinadas na canga dos animais em estudo ($[CH_4]_y$), e para isso utiliza-se os brancos:

$$QCH_4 = QSF_6 * ([CH_4]_y - [CH_4]_b)/[SF_6]$$

Foram colocados em cada ponta da instalação do confinamento dois conjuntos coletores (canga + cabresto coletor) para captar o ar do ambiente e estes foram identificados como

brancos. Para o cálculo da energia bruta na forma de metano (CH_4/CEB) foi utilizada a equação de Blaxter e Clapperton (1965) corrigida por Wilkerson et al. (1995):

$$(\text{CH}_4/\text{CEB}) = [(\text{CH}_4 * 0,0133) / \text{CEB}] * 100;$$

em que 0,0133 é a energia bruta em Mcal por kg de CH_4 (Holter e Young, 1992).

A partir dos dados coletados foram calculadas as emissões de CH_4 : em gramas de metano emitido por dia (g CH_4/dia), quilos de metano por ano (kg CH_4/ano), gramas de metano emitido por dia por quilo de peso corporal (g $\text{CH}_4/\text{dia/kg PC}$), gramas de metano emitido por dia por quilo de peso metabólico (g $\text{CH}_4/\text{dia/kg PC}^{0.75}$), gramas de metano emitido por quilo de consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (g $\text{CH}_4/\text{kg CFDN}$), gramas de metano emitido por quilo de fibra insolúvel em detergente neutro digestível (g $\text{CH}_4/\text{kg FDNd}$), gramas de metano emitido por quilo de ganho de peso médio diário (g $\text{CH}_4/\text{kg GMD}$), e percentagem da energia bruta convertida em metano (%EB).

2.3 Produção de metano e consumo alimentar residual em pastagem

Após a coleta de metano em confinamento os animais foram transferidos para o pasto para a realização da coleta de metano entérico. A coleta de metano no pasto foi realizada logo após o período de adaptação da coleta dos animais na pastagem. Foi realizada uma avaliação de consumo no período da coleta de metano. Os mesmos 49 animais baixo e alto CAR (24 machos e 25 fêmeas) utilizados na quantificação do metano em confinamento foram novamente submetidos à coleta em sistema de pastagem. As coletas foram divididas por sexo, primeiro os machos no 8º dia do experimento do pasto (8 de janeiro de 2013) e depois as fêmeas no 39º dia (8 de fevereiro de 2013) para que as cangas pudessem ser reutilizadas. As amostras do gás expirado/eructado pelos animais foram coletadas e armazenadas em cangas coletoras substituídas a cada 24 horas durante seis dias consecutivos. As trocas diárias foram realizadas nos piquetes de cada animal.

A quantificação de metano na amostra de gás coletada foi realizada em função das concentrações de SF_6 . As análises de cromatografia foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo, possibilitando o reuso das cangas no outro grupo de animais. Foram colocados quatro brancos, um em cada extremidade do conjunto dos 6 piquetes. Todos os cálculos foram efetuados da mesma forma que no confinamento

O CAR em pastagem foi realizado após a coleta de metano. Foram avaliados 36 machos (12 baixo, 12 médio e 12 alto CAR) com idade e peso corporal inicial médio de 451 dias e $371 \pm 35,7$ kg respectivamente e 37 fêmeas (13 baixo, 12 médio e 12 alto CAR) com idade e peso corporal inicial médio de 485 dias e 356 ± 25 kg, respectivamente. Os animais foram divididos em lotes de acordo com a classificação do CAR.

A área total do experimento foi de aproximadamente 27 ha de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu formada em outubro de 2011. Após o estabelecimento da pastagem, no ano de 2012, foi realizada uma amostragem de solo em profundidade de 0 - 20 cm. As alíquotas dos piquetes constituíram 2 amostras compostas que foram levadas ao Laboratório de Análise de Solo e Planta da Unesp de Jaboticabal para análise química das características do solo, e orientar as correções necessárias. De acordo com os resultados da análise do solo contidos na Tabela 2, foi efetuada a correção com calcário dolomítico (90% PRNT) para elevar a saturação por bases para 50%, segundo Werner et al. (1996). Como adubação de correção foi aplicado 60 kg de P_2O_5 por hectare na forma de superfosfato simples. A adubação de manutenção da área experimental constituiu da aplicação de 150 e 120 kg/ha/ano de N e K_2O , nas formas de sulfato de amônio e de cloreto de potássio, respectivamente, em janeiro de 2013.

Tabela 2. Resultado da análise de solo realizada na área experimental.

Amostra	pH	M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol _c /dm ³						%
AM 1	4,8	30	18	2,4	19	9	47	30,4	77,4	39
AM 2	4,7	33	36	3,8	23	12	58	38,8	96,8	40

Fonte: Laboratório de análise de solo e planta – FCAV/UNESP
 MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; V: saturação por bases
 Profundidade 0-20 cm

A área foi dividida em nove piquetes de 2 ha, onde foram alocados os machos, e nove piquetes de 1 ha para as fêmeas. O método de pastejo utilizado foi o contínuo com lotação variável put-and-take stocking (Allen et al., 2011). Para tanto, além dos 18 piquetes, havia uma área de reserva com capim-marandu utilizada para manutenção dos animais reguladores necessários para controlar a oferta de forragem. Todos os piquetes continham comedouro coletivo para distribuição do suplemento, bebedouros e área de 36 m² coberta com sombrite.

O período experimental foi de 27 de Janeiro a 29 de abril, sendo 28 dias antes para adaptação dos animais ao pasto e a cerca eletrificada.

Os animais foram pesados e tiveram a altura da garupa e escore corporal avaliados no início e no final do período experimental e foram submetidos a jejum de 16 h de água e alimento. As pesagens intermediárias foram realizadas a cada 15 dias sem jejum.

Foi fornecido suplemento múltiplo à base de milho moído, torta de algodão, farelo de soja, ureia e sal mineral, na quantidade de 0,5 kg cab/dia, formulado de acordo com o BRcorte (2010), para atender às exigências nutricionais de ganho médio diário de 0,8 kg/d (Tabela 3). Antes do período experimental todos os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas.

Cada piquete foi ocupado por quatro animais *testers* da raça Nelore com peso corporal inicial de aproximadamente 320 kg, distribuídos de acordo com a classificação do CAR (alto, médio e baixo). Os animais reguladores foram utilizados quando a pastagem alcançava 30 cm de altura, para que fosse garantido o mínimo de 95% de interceptação. A oferta diária de forragem era de aproximadamente 3 kg de massa seca por 100 kg de peso corporal animal. Para estimar a oferta total de forragem aos animais, foram realizadas medições de altura do dossel em 100 pontos por duas linhas diagonais em cada piquete, 1 vez por semana com um bastão graduado segundo metodologia de Barthram (1985). Através das medidas de altura definiam-se seis áreas: 2, caracterizando a altura média do piquete; 2 caracterizando o valor do desvio padrão inferior a média e 2 destinadas ao valor do desvio padrão superior a média, de maneira a caracterizar cada piquete experimental. As coletas de pasto foram realizadas nas áreas que possuíam a altura média já calculada, a cada 28 dias, através do corte rente ao solo utilizando quadrado metálico de 1,0 x 1,0 m. A simulação do pastejo foi realizada através da metodologia descrita por Sollenberger e Cherney (1995). Esta colheita foi realizada em toda a extensão de cada piquete, uma vez por período, buscando caracterizar os sítios de pastejo onde o maior grupo de animal se encontrava pastejando no momento da coleta. As amostras foram pesadas e secas em estufas de ventilação forçada à 60±5°C por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey (1 mm) e armazenadas em frascos de polietileno em temperatura ambiente para posterior análise. Nas amostras de pastejo simulado foram calculados os percentuais de MS potencialmente digestível (MSpd) aos animais utilizando a equação:

$$MSpd = 0,98 * (100 - FDN) + (FDN - FDNi);$$

em que: 0,98 = coeficiente de digestibilidade verdadeira do conteúdo celular; FDN = valor de FDN da amostra em % MS e FDNi = FDNi em % MS (Paulino et al., 2006). Esse resultado

foi obtido por intermédio da incubação *in situ* das amostras por 288 horas (Huhtanen et al., 1994). Após incubação das amostras, foi determinada a FDN indigestível (FDNi) nos resíduos, obtida após tratamento em detergente neutro.

Na estimativa da produção fecal dos animais para avaliação do consumo de matéria seca utilizou-se como indicador o óxido crômico. O óxido foi fornecido em um papelote contendo 10g e introduzido diariamente via esôfago (com o auxílio de um aplicador de PVC). Foram fornecidos durante nove dias consecutivos no mesmo horário, sendo sete dias de adaptação e três de coleta de fezes seguindo horários pré-estabelecidos (15h00, 11h00, 7h00) (Detmann et al., 2001). Para estimativa do consumo individual do suplemento foi utilizado o indicador externo dióxido de titânio (Titgemeyer et al., 2001) fornecido durante 9 dias consecutivos, na quantidade de 10g de TiO_2 /animal, homogeneizadas ao suplemento imediatamente antes do fornecimento aos animais. As amostras de fezes foram pesadas e secas em estufa de ventilação forçada à aproximadamente $60 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas e moídas em moinho de facas tipo Willey (2mm). As amostras referentes aos diferentes horários de coleta compuseram uma única amostra composta para cada animal e foram submetidas à análises químicas. Nas amostras de fezes foram realizados ensaios de digestão para a recuperação fecal do dióxido de titânio segundo a metodologia de Myers et al. (2004) e do óxido crômico, por via úmida, segundo a metodologia de Willians et al. (1962). O consumo voluntário de matéria seca (CMS kg/dia) foi obtido a partir da equação proposta por Detmann et al (2001b) utilizando a FDNi como indicador interno:

$$CMS (kg/dia) = \{[(EF * CIF) - IS] / CIFO\} + CMSS;$$

em que EF = excreção fecal (kg/dia); CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); IS = indicador presente no suplemento (kg/dia); CIFO = concentração do indicador na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de MS de suplemento (kg/dia) sendo que:

$$CMSS(kg/dia) = [(EF * CIF) / IS].$$

Na determinação do CAR o CMS utilizado foi a média de todo o período, o GMD foi calculado através da regressão dos pesos sem jejum nos dias em teste e o peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) foi calculado como: $[\text{peso inicial} + \text{GMD} \times (\text{duração do teste}/2)]^{0,75}$. O CAR foi estimado como o resíduo da equação de regressão do CMS em função do $PC^{0,75}$ e do GMD, conforme modelo proposto por Koch et al. (1963):

$$CMS = \beta_P * PC^{0,75} + \beta_G * GMD + \text{erro};$$

em que, β_P e β_G são coeficientes de regressão linear do peso metabólico e do ganho médio diário, respectivamente e o erro é o CAR.

Ao término do experimento em pastagem os animais foram reclassificados pela equação $\text{CAR} = \text{Consumo Observado} - \text{Consumo Estimado } (f\{\text{PC, GMD}\})$ e separados em três classes: alto CAR ($>\text{média} + 0,5 \text{ DP}$; $n=19$); médio CAR ($\pm 0,5 \text{ DP}$ da média; $n=31$); e baixo CAR ($<\text{média} - 0,5 \text{ DP}$; $n=23$).

Tabela 3. Percentual dos ingredientes e composição química das dietas utilizadas nos experimentos de consumo alimentar residual.

<i>Ingredientes</i>	Confinamento	Pasto	
	Dieta total	Forragem ³	Suplemento
Silagem de milho (%)	53,56	-	-
Milho moído	21,72	-	59,49
Farelo de soja	11,58	-	-
Feno de Capim-marandu	10,13	-	-
Torta de algodão	-	-	25,18
Sal mineral ¹	2,28	-	5,11
Sulfato de amônia	0,072	-	-
Ureia	0,648	-	10,22
<i>Item²</i>	Composição química da dieta		
MS (%)	54,36	23,51	95,43
MSpd (%)	46,37	82,37	91,18
MO (%)	95,30	89,93	98,32
PB (%)	13,98	11,22	38,87
NIDN(%)	0,53	0,58	1,03
NIDA (%)	0,54	0,20	0,94
EE (%)	1,90	2,29	4,52
FDN (%)	50,18	64,85	36,15
FDNcp (%)	45,09	57,75	31,40
FDNpd (%)	36,34	50,01	29,19
CHOT (%)	79,41	81,19	54,93
CNF (%)	34,33	20,39	33,55
FDA (%)	22,94	33,25	12,33
Celulose (%)	19,13	30,43	7,4
HEMI(%)	27,24	31,04	23,82
Lignina (%)	3,80	2,21	4,93
FDNi (%)	13,84	16,92	6,96
NDT (%)	70,16	68,35	68,57
EB (kcal, kg ⁻¹)	4,16	3,50	3,64
EM (kcal, kg ⁻¹)	2,54	3,01	2,43

¹ Composição/kg: Fósforo, 8%; Cálcio, 15%; Sódio, 14,5%; Enxofre, 1,2%; Níquel, 1,1%; Zinco, 0,25%; Cobre, 0,16%; Manganês, 0,16%; Cobalto, 0,0011%; Iodo, 0,0023%; Selênio, 0,0027%, Flúor, 0,08%, ²Matéria seca (MS), matéria seca potencialmente digestível (MSpd), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), fibra insolúvel em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose (HEMI), lignina, fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi), nutrientes digestíveis totais (NDT) energia bruta em kcal (EB) e energia metabolizável em kcal (EM).³ Amostras de pastejo simulado.

2.4 Análises químicas

Nas amostras de sobras, ingredientes, pasto e fezes foram analisados os teores de matéria seca (MS; 934,01), matéria mineral (MN; 942,05) e extrato etéreo (EE; 954,02) de acordo com AOAC (1990). A energia bruta foi determinada em calorímetro IKA[®] modelo

2000 Basic, automatizado. A determinação do nitrogênio foi realizado pelo método de DUMAS (Etheridge et al. 1998) baseada na liberação do nitrogênio por combustão em alta temperatura em oxigênio puro no analisador de nitrogênio LECO® (FP-258). Os teores de lignina (H₂SO₄) foram estimados através do método da lignina Klason (Theander & Westerlund, 1986). Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram obtidos seguindo as recomendações de Mertens (2002). As correções da FDN quanto aos teores de proteína e cinzas contaminantes foram conduzidas conforme descrições de Licitra et al. (1996) e Mertens (2002), respectivamente. Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN) do confinamento, foram utilizadas as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994):

$$DMS = [(Consumo\ de\ MS - Excreção\ fecal) / Consumo\ de\ MS] \times 100.$$

$$DN = [(Consumo\ de\ nutriente - Excreção\ do\ nutriente\ nas\ fezes) / Consumo\ de\ nutriente] \times 100.$$

Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN) em pastagem, foram utilizadas as fórmulas propostas por Berchielli et al., 2011.

$$DMS = [(Consumo\ de\ MSF + Consumo\ de\ MSS) - Excreção\ fecal] / (Consumo\ de\ MSP + Consumo\ de\ MSS) \times 100.$$

$$DN = \{[(Consumo\ de\ nutriente\ na\ forragem * \% \text{ nutriente na forragem}) + (Consumo\ de\ nutriente\ no\ suplemento * \% \text{ nutriente no suplemento}) - Excreção\ do\ nutriente\ nas\ fezes * \% \text{ nutriente nas fezes}] / (Consumo\ de\ nutriente\ na\ forragem * \% \text{ nutriente na forragem}) + (Consumo\ de\ nutriente\ no\ suplemento * \% \text{ nutriente no suplemento})\} \times 100.$$

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados através da fórmula:

$$\%CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo com a fórmula:

$$\%CNF = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$$

Para o suplemento o CNF foi obtido, conforme proposto por Hall e Akinyode (2000):

$$\%CNF = 100 - [(\%PB - \%PB\ da\ ureia + \%da\ ureia) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%MM].$$

O NDT foi obtido a partir da fórmula proposta por Detmann et al. (2010):

$$\%NDT = PB_{vd} + CNF_{vd} + FDN_d + 2,25 * EE_{vd} - FM_{NDT}.$$

em que: PB_{vd}, CNF_{vd}, EE_{vd} = frações verdadeiramente digestíveis de PB, CNF e EE respectivamente (%MS); FM_{NDT} = fração metabólica fecal total para o cálculo do NDT (%MS).

da MS) de acordo com a categoria animal; 2.25 é a constante de Atwater para equalização de lipídeos e carboidratos.

A excreção de matéria seca fecal (EF) dos animais em confinamento foi estimada a partir da técnica de indicador interno (Cochran et al., 1986), sendo a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) o indicador adotado. Os teores de FDNi das amostras de fezes, bem como de alimentos (volumosos e ingredientes do concentrado) e das sobras foram obtidos após incubação *in situ* por 288 horas, conforme recomendado por Casali et al. (2008) e aplicada a fórmula (Detmann et al., 2001):

$$EF \text{ (kg/dia)} = \frac{FDNi \text{ fornecido (g/dia)}}{\text{Concentra o FDNi nas fezes (g/kgMS)}}$$

2.6 Análise dos dados

O delineamento utilizado em ambos os experimentos foi inteiramente casualizado. Os dados foram analisados utilizando procedimento GLM do SAS (9.2), sendo incluídos no modelo para análise das variáveis relativas ao metano os efeitos fixos de classe de CAR (alto e baixo) e o peso inicial como covariável linear. O sexo não foi incluído no modelo final, pois não teve efeito significativo sobre as variáveis analisadas. No modelo para análise de reclassificação foram incluídos os efeitos fixos de classe de CAR (alto, médio e baixo) e o peso inicial como covariável linear. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas pelo teste Tukey, e a significância foi declarada quando $P < 10\%$. A correlação de Spearman foi estimada através do procedimento PROC CORR do SAS (9.2).

3. RESULTADOS

3.1 Produção de metano

A Tabela 4 compara a eficiência alimentar e a produção de CH_4 entérico de bovinos Nelore baixo ($n=25$) e alto ($n=22$) CAR em confinamento e pasto.

No período de mensuração do CH_4 entérico dos animais confinados, o PC médio ($\pm \text{DP}$) foi de $355 \pm 37,3$ kg, o GMD médio de $1,11 \pm 0,18$ kg/d e o CMS médio de $8,98 \pm 1,15$ kg/d. Quando os animais foram avaliados em pastagem, o PC médio foi de $371 \pm 37,9$ kg, o

GMD médio de $0,46 \pm 0,17$ kg/d e o CMS médio de $6,67 \pm 1,96$ kg/d. No confinamento, os animais alto CAR tiveram excreção fecal (EF) 10,5% maior em relação aos animais baixo CAR e, quando transferidos para pastagem, não apresentaram diferença significativa ($P>0,10$). A EF está relacionada com o CMS e a digestibilidade, pois quanto maior o CMS maior será EF, por outro lado, quanto maior a digestibilidade, menor será a EF (REF). No confinamento, o CMS, CFDN e CEB dos animais baixo CAR foi 9,7%, 10,6% e 9,6%, respectivamente, menor do que os dados obtidos para os animais alto CAR ($P<0,10$). A digestibilidade da MS e da FDN nos animais baixo CAR foi maior, porém a digestibilidade da EB não foi diferente entre as classes de CAR ($P>0,10$). No pasto, o consumo e a digestibilidade da MS, FDN e EB não foram diferentes entre as classes de CAR ($P>0,10$). Da mesma forma, no confinamento e no pasto não houve diferença significativa no GMD entre os animais baixo e alto CAR.

Tabela 4. Produção de metano entérico e eficiência alimentar de bovinos Nelore baixo e alto CAR em confinamento e pastagem.

<i>Variáveis</i>	Confinamento		P- valor	Pasto		P-valor
	Baixo (n=25)	Alto (n=22)		Baixo (n=25)	Alto (n=22)	
CAR	-0,67 ± 1,29	0,78 ± 1,32	<0,001	-0,67 ± 1,29	0,78 ± 1,32	<0,001
PC, kg	356 ± 7,54	355 ± 7,59	0,872	374 ± 7,63	368 ± 8,14	0,599
PC ^{0,75} , kg	81,9 ± 1,30	81,6 ± 1,33	0,149	85,0 ± 1,30	83,9 ± 1,39	0,576
EF, kg/d	3,92 ± 0,08	4,33 ± 0,08	0,001	2,34 ± 0,11	2,37 ± 0,12	0,762
GMD, g/d	1,11 ± 0,03	1,12 ± 0,03	0,840	0,46 ± 0,24	0,46 ± 0,25	0,883
<i>Consumo, kg/d</i>						
MS	8,53 ± 0,14	9,45 ± 0,14	<0,001	6,74 ± 0,39	6,59 ± 0,42	0,790
FDN	4,33 ± 0,11	4,79 ± 0,11	0,005	4,09 ± 0,24	3,92 ± 0,25	0,629
EB	35,6 ± 0,68	39,4 ± 0,69	<0,001	24,9 ± 1,41	24,3 ± 1,50	0,755
<i>Digestibilidade (%)</i>						
MS	61,0 ± 0,59	57,0 ± 0,60	<0,001	64,9 ± 0,99	63,4 ± 1,05	0,318
FDN	57,6 ± 1,12	54,6 ± 1,14	0,005	63,7 ± 1,04	62,3 ± 1,10	0,335
EB	59,6 ± 1,22	57,0 ± 1,24	0,147	69,8 ± 0,83	68,4 ± 0,88	0,268
<i>Produção de metano</i>						
CH ₄ , g/d	101 ± 2,48	107 ± 2,53	0,084	99,5 ± 3,41	97,2 ± 3,63	0,804
CH ₄ , kg/ano	36,9 ± 0,90	39,1 ± 0,92	0,084	36,3 ± 1,24	35,5 ± 1,33	0,804
CH ₄ , kg/PC	0,28 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,054	0,26 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,891
CH ₄ , g/kg PC ^{0,75}	1,23 ± 0,03	1,31 ± 0,03	0,062	1,17 ± 0,03	1,16 ± 0,04	0,854
CH ₄ , g/kg CMS	11,9 ± 0,25	11,4 ± 0,25	0,147	15,7 ± 0,86	15,7 ± 0,82	0,975
CH ₄ , g/kg CFDN	23,4 ± 0,49	22,4 ± 0,50	0,187	25,8 ± 1,41	26,4 ± 1,50	0,748
CH ₄ , g/kg GMD	91,7 ± 2,39	97,8 ± 2,44	0,087	259 ± 26,5	237 ± 28,9	0,852
CH ₄ , g/%CEB	3,83 ± 0,08	3,66 ± 0,08	0,135	4,22 ± 0,22	4,25 ± 0,24	0,961

CFDN= consumo de FDN, CEB= consumo de energia bruta

No confinamento, a produção de CH₄ entérico (g/dia, kg/ano, g/kg PC, g/kg PC^{0,75} e g/kg GMD) foi de 5,6%, 5,6%, 6,7%, 6,1% e 6,2% menor nos animais baixo CAR em relação aos animais alto CAR (P<0,10). Entretanto, a produção de CH₄ entérico expressa em g/kg CMS e g/%CEB não diferiram entre as classes de CAR (P>0,10). Na avaliação realizada em pastagem não houve diferença em nenhuma das variáveis relacionadas à produção de CH₄ (P>0,10).

3.2 Consumo alimentar residual e reranking

Na Tabela 5 apresentamos a relação do CAR com medidas de desempenho e eficiência dos animais mantidos em confinamento e pastagem.

No período de avaliação do CAR no confinamento não foi observada diferença significativa nas médias do PC inicial ($250 \pm 35,1$ kg), do PC final ($345 \pm 37,5$ kg), do PC^{0,75} ($71,8 \pm 1,31$ kg) e do GMD ($1,11 \pm 0,20$ kg/d) entre os animais baixo, médio e alto CAR. A média do CAR foi 0,00 variando de -0,67 a 0,78 kg de MS/dia, representando diferença de 1,45 kg MS/d entre os animais mais e menos eficientes. O CMS dos animais alto CAR foi 9,42% e 19,67% maior (P<0,001) que os animais médio e baixo CAR, respectivamente. Diferenças significativas foram observadas nos valores de CA, em que os animais baixo CAR foram mais eficientes em relação aos animais médio e alto CAR.

Na avaliação do CAR em pastagem não foi observada diferenças significativas entre as classes de CAR em relação às médias obtidas para o PC ($373 \pm 38,3$ kg), o PC final ($397 \pm 32,0$ kg), o PC^{0,75} ($87,9 \pm 1,34$ kg) e o GMD ($0,45 \pm 0,19$ kg/d). O CMS foi 24,0% e 37,1% maior nos animais médio e alto CAR em relação aos animais baixo CAR (P<0,10). O CAR_{pasto} variou de -1,20 a 1,59 kg MS/d, representando uma diferença de 2,79 kg MS/d. Por

outro lado não foi observada diferença significativa nos valores de CA entre as classes de CAR.

Tabela 5. Medidas de desempenho e eficiência de bovinos Nelore em confinamento e em pastagem

<i>Variáveis</i>	Confinamento			P-valor	Pastagem			P-valor
	Baixo (n=25)	Médio (n=24)	Alto (n=24)		Baixo (n=23)	Médio (n=31)	Alto (n=19)	
Idade, dias	296 ± 7,45	302 ± 7,61	295 ± 7,61	0,781	475 ± 5,06	467 ± 4,36	477 ± 5,57	0,305
PC inicial, kg	247 ± 6,59	258 ± 6,72	244 ± 6,72	0,385	379 ± 8,03	368 ± 6,92	372 ± 8,84	0,598
PC final, kg	343 ± 7,42	351 ± 7,57	341 ± 7,57	0,630	407 ± 6,59	391 ± 6,92	395 ± 7,25	0,154
PC ^{0,75} , kg	71,3 ± 1,29	73,2 ± 1,32	70,8 ± 1,32	0,423	89,1 ± 1,36	86,7 ± 1,17	87,8 ± 1,49	0,397
CMS, kg/d	6,33 ± 0,14c	7,12 ± 0,15b	7,86 ± 0,15a	<0,001	4,77 ± 0,30c	5,76 ± 0,26b	7,58 ± 0,33a	<0,001
GMD, kg/d	1,11 ± 0,03	1,11 ± 0,03	1,11 ± 0,03	0,995	0,49 ± 0,04	0,40 ± 0,04	0,47 ± 0,04	0,165
<i>Medidas de eficiência</i>								
CAR, kg de MS/d	-0,67 ± 1,29c	-0,02 ± 1,32b	0,78 ± 1,32a	<0,001	-1,20 ± 0,13c	-0,07 ± 0,11b	1,59 ± 0,14a	<0,001
CA	5,73 ± 0,26b	6,70 ± 0,27a	7,13 ± 0,27a	0,001	14,8 ± 2,17	14,5 ± 1,93	16,9 ± 2,39	0,710

CAR= consumo alimentar residual, CA= conversão alimentar. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha diferem estatisticamente (P<0,10).

Nosso próximo passo foi saber se os animais classificados quanto ao CAR no pós-desmame em confinamento manteriam sua classificação de eficiência quando manejados em sistema de pastagem e em outra fase de desenvolvimento (sobreano). Os dados pertinentes às reclassificações estão descritos na Tabela 6. Dos 73 animais avaliados no confinamento e reclassificados posteriormente em pastagem somente 31,5% (23 animais) mantiveram a classe de CAR estabelecida no confinamento. Surpreendentemente, 68,5% dos animais modificaram sua classe em pelo menos 0,5 DP. Em particular, 42,4% dos animais melhoraram e 26,1% pioraram sua eficiência alimentar mudando seu status de CAR.

Tabela 6 Proporção de animais reclassificados quanto ao CAR.

Mudança na classe de CAR	Número de animas	Reclassificação ¹
Alto para Baixo	13	17,8
Baixo para Alto	4	5,5
Médio para Alto	7	9,6
Médio para Baixo	6	8,2
Alto para Médio	12	16,4
Baixo para Médio	8	10,9
Mudaram	50	68,5
Não mudaram	23	31,5

¹ porcentagem do total de animais.

De fato, a análise de correlação de Spearman (Tabela 7) revelou que o CMS, GMD, CAR e CA entre o CAR no confinamento e CAR no pasto não foram correlacionados ($P > 0,05$), exceto para o PC e PC^{0,75} que apresentaram correlação média significativa ($P < 0,001$). Moderada correlação ($r = 0,34$; $P < 0,05$) entre o confinamento e o pasto foi observada na produção de CH₄ entérico (g/d) ($n = 49$).

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Spearman entre características avaliadas em confinamento e pastagem (n=73). CH₄ entérico (g/d), n=49

CAR _{conf}	CAR _{pasto}
PC _{conf}	0,53347*
PC ^{0,75} _{conf}	0,53082*
CMS _{conf}	-0,10222
GMD _{conf}	0,15932
CAR _{conf}	-0,00173
CA _{conf}	-0,09051

CAR= consumo alimentar residual, CA = conversão alimentar*P< 0,001

4. DISCUSSÃO

Classificar e selecionar animais que permanecerão eficientes em diferentes fases de desenvolvimento e sistemas de produção, mantendo as emissões de metano entérico baixas são desafios importantes para os produtores de bovinos de corte em todo o mundo. Embora uma parte considerável do rebanho bovino mundial é mantida em condições de pastejo, os estudos até esta data têm-se restringido por avaliações de CAR em animais em confinamento, sem seguir seu reranking em pastagem. Aqui abordamos essa limitação no conhecimento atual, levando em consideração os efeitos sobre as emissões de metano entérico.

4.1 Consumo alimentar residual e produção de metano

No período de avaliação do metano no confinamento e no pasto, nós observamos que o PC e PC^{0,75} dos animais baixo e alto CAR foram semelhantes (Tabela 2). Tal homogeneidade do rebanho estudado provavelmente decorre do processo de seleção para peso pós-desmame e do histórico nutricional destes animais desde o nascimento.

No confinamento, o CMS, obtido durante o período de mensuração do CH₄ entérico (7d), e o EF foram maiores nos animais alto CAR. Já o GMD, também obtido no período de mensuração do CH₄ entérico, não diferiu entre as classes de CAR. Estes resultados eram esperados visto que o CAR é uma medida de eficiência independente da taxa de crescimento e do desempenho do animal (Koch et al., 1963) e a EF está relacionada com o menor consumo e

maior capacidade de digestão (Machado et al., 2011). Nossos dados estão de acordo com aqueles demonstrados em estudos recentes avaliando animais com alto e baixo CAR (Fitzsimons et al., 2013; Durunna et al., 2012; Lawrence, et al., 2012; Sobrinho et al., 2011; Cruz et al., 2010; Hegarty et al., 2007). Durante a mensuração do CH₄ entérico no pasto (7 d) o CMS e a EF deixaram de diferir entre as classes de CAR. Portanto é possível inferir que o sistema de produção (confinamento e pasto) interferiu no CMS dos animais no período de avaliação do metano. Na avaliação do CAR de vacas gestantes e lactantes em pastagem de festuca, Meyer et al. (2008) também não observaram diferença significativa no CMS entre animais alto e baixo CAR.

Também identificamos associações entre CAR e digestibilidade da MS e FDN da dieta no confinamento. Essas diferenças de digestibilidade entre as classes de CAR foram consistentes com os resultados de Magnani et al. (2013) e Nkrumah et al. (2006) que observaram diferença na digestibilidade da MS e da FDN em novilhos baixo CAR em relação aos animais alto CAR. A variação na digestibilidade da dieta entre os animais é função de fatores como o mecanismo de digestão e absorção, tempo de retenção no rúmen, e comportamento ingestivo (Russell e Gahr, 2000). Por outro lado, quando os animais foram mantidos no pasto, não foram observadas diferenças na digestibilidade da MS, FDN e EB entre as classes do CAR. Lawrence et al. (2011) também analisaram a digestibilidade de MS em uma dieta rica em forragem, e não verificaram diferenças significativas entre as classes de CAR. A ausência de uma relação entre CAR e digestibilidade pode estar relacionada com a natureza do alimento, pois o efeito do consumo sobre a digestão é de menor magnitude em dietas à base de forragem do que dietas com alto concentrados (Chilliard et al., 1995).

Em bovinos de corte baixo CAR (mais eficientes) seria esperado redução na produção de CH₄ entérico (g/d), proporcionalmente ao menor CMS. Estudos demonstrando a associação

de CAR e produção de CH₄ entérico estão limitados a bovinos *Bos taurus* alimentados com dietas de alto concentrado (Nkrumah et al., 2006, Hegarty et al., 2007, Freetly et al., 2013). Nós verificamos diferença de 5,6% na produção de CH₄ entérico (g/d) detectados entre animais de baixo e alto CAR no confinamento que está associado ao menor CMS nos animais baixo CAR, resultado semelhante aos publicados por Herd et al. (2002) e Okine et al. (2003). Nkrumah et al. (2006), em estudo com animais selecionados para CAR (baixo e alto), observaram produção de CH₄ (g/d) 28% menor para animais baixo CAR quando comparados aos de alto CAR. No confinamento, as classes de CAR não mostraram diferenças na produção de CH₄ entérico (g/kg CMS). Esses resultados estão de acordo com os verificados por Hegarty et al. (2007), Waghorn e Hegarty (2011) e Fitzsimons et al. (2013). Isso indica que o CMS afeta produção de CH₄ mais significativamente do que o CAR.

Os valores de produção de CH₄ (35,5 a 39,1 kg CH₄/ano) encontrados no presente trabalho foram inferiores as estimativas descritas por Cederberg et al. (2009) de 47 a 56 kg CH₄/ano para bovinos jovens no Brasil e pelo IPCC (2006) que estimaram emissão média de 49 kg CH₄/ano para bovinos jovens na América Latina.

Nossos estudos encontraram que animais baixo CAR em confinamento possuem uma redução na produção de CH₄ quando expresso em relação ao PC e PC^{0,75}. A diferença encontrada de 6,1% na produção de CH₄ entérico (g/kg PC^{0,75}) entre as classes foi menor que os valores de 13% e de 28% reportados por Fitzsimons et al. (2013) e Nkrumah et al. (2006), respectivamente.

Apesar de não ter sido observada diferença no GMD (kg/d), a produção de CH₄ (g/kg GMD) nos animais baixo CAR foi menor em relação aos animais alto CAR mantidos m confinamento. Tal fato foi atribuído as diferenças significativas encontradas no produção de CH₄ (g/d) entre as classes de CAR. Em contraste, Fitzsimons et al. (2013) em novilhas

Simental e Hegarty et al. (2007) em novilhos Angus não verificaram efeitos na emissão de CH₄ (g/kg GMD) e GMD (kg/d) entre os animais mais e menos eficientes.

A perda de energia na forma de CH₄, definida pela porcentagem do CH₄ entérico expresso em função do consumo de energia bruta (% CEB) não foi diferente entre as classes de CAR no confinamento (3,74%) e no pasto (4,23%). Valores semelhantes foram verificados no estudo de Nkrumah et al. (2006) em novilhos confinados com dieta de alto grão (80% MS), sendo menor a energia perdida na forma de CH₄ para animais baixo CAR (3,19 g CH₄/g CEB) em relação aos animais alto CAR (4,28 g CH₄/g CEB). Nossos valores foram bem menores do que os observados em novilhos mestiços continentais alimentados com dietas à base de silagem de milho (7,3% a 8,4% CEB, McGeough et al. , 2010). Importantly, our values estão abaixo daqueles previstos pelo IPCC (2006) de 6,5% a 7,5% para bovinos em condições tropicais.

Por outro lado, neste estudo não foi observada diferença na produção de metano entérico (g/d; kg/ano; g/kg PC; g/kg PC^{0,75}) em animais baixo e alto CAR mantidos em pastagem. Os dados de emissão de CH₄ (g/d) foram menores (99,5 e 97,2 g/dia) que os dados apresentados por Pedreira et al. (2009) em novilhas mantidas em pastagens *Brachiaria* não adubadas (179,2 g/dia).

A variação da produção de CH₄ através da eficiência alimentar em dieta à base de forragem tem o potencial de selecionar separadamente a eficiência alimentar e a produção de CH₄. Esta mesma variação também pode descrever as observações contraditórias deste estudo, pois selecionar bovinos de corte para aumentar a eficiência alimentar não significa que haverá uma redução na produção de CH₄ (Freetly et al., 2013).

4.2 Reranking de consumo alimentar residual

Dado o aumento do uso do CAR para identificar animais eficientes na alimentação, é importante saber a eficácia dessa medida de eficiência alimentar em diferentes dietas e conforme o grau de maturidade do animal. Alguns estudos têm mostrado diferença na eficiência alimentar (Durunna et al., 2011 e Durunna et al., 2012 e Archer et al., 2002). Estes autores avaliaram a eficiência alimentar de animais em diferentes períodos e dietas e encontraram mudanças de classe em todo o grupo de teste, o que implica que a dieta e o período de alimentação afetam o desempenho dos animais.

No presente estudo foram encontradas diferenças nos consumos dos animais classificados como baixo, médio e alto CAR (4,77; 5,76 e 7,58 kg/d, respectivamente), diferentemente dos resultados encontrados por Meyer et al. (2008) que determinaram o CAR de novilhas Hereford, em confinamento, e posteriormente, avaliou o CMS em pastagem. Os autores não encontraram diferenças nos consumos dos animais quando avaliados em pastejo. Esse resultado pode estar relacionado à metodologia adotada (produção pré-pastejo + crescimento da forragem) - produção pós-pastejo), pois, desta forma, não se consegue calcular o CMS individual dos animais impossibilitando a avaliação do CAR e a detecção de uma possível reclassificação. A semelhança no consumo dos animais de diferentes classes em pastagem pode ser devida aos métodos utilizados para medir a ingestão alimentar (Herd et al., 1998; Herd et al., 2002).

Herd et al. (2005) relataram que, após seleção divergente para CAR pós-desmame, novilhos baixo CAR e alto CAR tiveram resultados de PC (418 e 409 kg, $P=0,07$) e GMD (0,66 e 0,64 kg/d, $P<0,05$) no pasto. Esses resultados são contrários ao presente estudo, pois os autores sugerem que a seleção para baixo CAR pode não diminuir o CMS em pastagem, mas pode aumentar a produção (GMD) em um determinado nível de CMS. Existe um número

muito pequeno de experimentos incluindo o CMS em pastagem para cálculo do CAR pois o consumo de forragem é de difícil mensuração. Herd et al. (1998) não encontraram diferença na ingestão de vacas adultas pastejando, avaliadas para CAR pós desmame, mas indicaram potencial para uma correlação entre as medidas de CAR pós-desmame e consumo de forragem em pastagem.

O resultado de reclassificação (61,7%) desse experimento mostra que os animais mudaram de classe entre as avaliações e são consistentes com o reranking de animais avaliados em 2 períodos subsequentes (Gomes et al., 2012 e Durunna et al. (2011). Nossos resultados contrapõe o momento adequado para medir essa característica, principalmente na tomada de decisão dos animais que serão selecionados. Mesmo que a identificação precoce de indivíduos eficientes seja importante para o melhoramento genético no setor de carne bovina, reranking pode tornar-se uma dificuldade (Durunna et al., 2011). Em estudo mais recente, Durunna et al. (2012) encontraram 51% de reclassificação da classe de CAR em períodos diferentes com novilhas Angus. Esses resultados também sugerem que há reclassificação do CAR em animais quando avaliados em diferentes dietas e diferentes períodos, porém a existência de reclassificação pode oferecer uma oportunidade para selecionar indivíduos que não são muito sensíveis à mudança de ambientes ou indica que essas avaliações são apropriadas em idade mais avançada, quando os animais se aproximam do seu PC adulto.

Não houve correlações significativas entre o CAR, o CMS, o GMD e a CA calculado pós-desmame em confinamento com o CAR em pastagem. A baixa, ou nula, correlação entre os experimentos indicam que a maioria dos animais mudaram suas posições relativas entre os experimentos e que a identificação da eficiência alimentar de animais pós-desmame pode não representar a eficiência desses animais quando avaliados posteriormente em pastagem. Durunna et al. (2012) calcularam CAR-P1, CAR-P2 e CAR-T (período todo) e encontraram

maior correlação entre CAR no P2 e CAR-T indicando que a avaliação das novilhas neste período pode refletir melhor a eficiência de alimentação e desempenho do que a medição anterior (CAR-P1). Num estudo anterior usando novilhos, Durunna et al. (2011a) relataram que o CAR medido no final do período pós-desmame teve maior relação com o CAR em geral do que o medições anteriores (pós-desmame) de CAR. Esses resultados indicam que a eficiência de novilhas no P2 pode ser mais importante que a eficiência no P1, devido à alta correlação entre CAR-P2 e CAR-T, de acordo com Durunna et al. (2011a).

Os resultados do presente estudo sugerem que o CAR pós-desmame pode ser utilizado como ferramenta para diminuição dos custos com alimentação na produção de animais de corte e diminuição na produção de metano quando estes estão confinados. A hipótese que animais baixo CAR produzem menos metano foi confirmada pelas observações realizadas em dieta de confinamento à base de silagem de milho, porém quando os animais foram avaliados em pastagem essa afirmativa não foi consistente.

A maioria dos animais não manteve sua classe de CAR em pastagem sugerindo que a reclassificação é influenciada pelo sistema de manejo dos animais. Pelo fato de ser o primeiro estudo que avalia produção de metano e reclassificação de animais confinados pós-desmame e em pastagem, existe a necessidade de investigações futuras, com maior número de animais e talvez maior tempo de avaliação, para elucidar as relações entre as variações no CAR em pastagem de animais previamente avaliados como baixo, médio e alto CAR em confinamento.

O baixo valor encontrado para as medidas de CMS e GMD se deve, em parte, pela metodologia de consumo de animais em pastagem, que durante nove dias receberam via esôfago cápsulas contendo o indicador óxido de cromo nos animais

5. Conclusão

Nas condições deste experimento, a produção de CH₄ entérico foi influenciada pelo CAR (alto e baixo) classificado pós-desmame em confinamento quando alimentados com

dieta à base de silagem de milho, porém quando mantidos em pastagem o CAR (alto e baixo) não influenciou na produção de CH₄ entérico. Há evidências de reranking do CAR em animais Nelore avaliados pós-desmame em confinamento e posteriormente em pastagem, porém mais estudos são necessários para entender os mecanismos que envolvem o reranking de bovinos Nelore.

6. REFERÊNCIAS

- Allen V.G., C. Batello, E.J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. McIvor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters and M. Sanderson. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* 66:2-28.
- Archer, J. A., A. Reverter, R. M. Herd, D. J. Johnston, and P. F. Arthur. 2002. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. *Prec. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier, France. 7:0-4.
- Arthur, P. F., J. A. Archer, D. J. Johnson, R. M. Herd, E. C. Richardson, AND P. F. Parnell. 2001a. Genetics and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*. 79:2805-2811.
- Arthur, P.F.; J.A. Archer; R.M. Herd; G.J. Melville. 2001 b. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: Conference of association for the advancement of animal breeding and genetics, 14., Queenstown. *Proceedings...* Queenstown. v. 14, 2001a, p. 135-138.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Basarab, J. A., K. A. Beauchemin, V. S. Baron, K. H. Ominski, L. L. Guan, S. P. Miller, and J. J. Crowley. 2013. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: Effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal* 7:303-315.
- Basarab, J. A., M. A. Price, J. L. Aalhus, E. K. Okine, W. M. Snelling, and K. L. Lyle. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can. Journal of Animal Science*. 83:189-204.
- BERCHIELLI, T.T.; VEGA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. cap.14, p. 565-600.

- Casali, A.O.; E. Detmann,; S.C. Valadares Filho. et al. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.2, p.335-342.
- Cochran, R.C.; M.L. Galyean. 1994.Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. Forage quality, evaluation and utilization. In: FAHEY JR, G.C. (Ed.) Madison: American Society of Agronomy. p.613-643.
- Cochran, R.C., Adams, D.C., Wallace, J.D. et al. 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. J. Anim. Sci., 3(5):1476-1483.
- Cornell Net Carbohydrate and Protein System - CNCPS v. 6.1. Cornell University - Departament of Animal Science, 2008.
- Cottle, DJ, J. V. Nolan, S. G. Wiedemann. 2011. Ruminant enteric methane mitigation: a review. Animal Production Science, 51,491-514
- Crowley, J. J., M. McGee, D. A. Kenny, D. H. Crews Jr., R. D. Evans, and D. P. Berry. 2010. Phenotypic and genetic parameters Feed efficiency and beef cattle for different measures of feed efficiency in Irish performance tested beef bulls. Journal of Animal Science.88:885–894. doi:10.2527/jas.2009-1852.
- Cruz, G. D., J. A. Rodriguez-Sanchez; J. W. Oltjen; R. D. Sainz. 2010. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. J. Anim. Sci. 88, 324–329.
- Detmann, E; M.F. Paulino; J.T. Zervoudakis, S.C.Valadares Filho; R.F. Euclides; R. P. Lana, D. S.,Queiroz. 2001. Suplementação de Novilhos Mestiços durante a Época das Águas: Parâmetros Ingestivos e Digestivos. Revista Brasileira de Zootecnia, 30, 1340-1349.
- Dittmar III, R.O. Determining biological sources of variation in residual feed intake in brahman heifers during confinement feeding and on pasture. MS Thesis, Texas A&M University, College Station, USA. 2007. 101p.
- Durunna O. N., Colazo M.G., Ambrose D. J., McCartney D., Baron V. S., Basarab J. A. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. 2012. J. Anim. Sci. 90:734–741.
- Durunna, O. N., F. D. N. Mujibi, L. Goonewardene, E. K. Okine, J. A. Basarab, Z. Wang, and S. S. Moore. 2011a. Feed efficiency differences and reranking in beef steers fed grower and finisher diets. J. Anim. Sci. 89:158-167.

- Durunna, O.N.; Plastow, G.; Mujibi, F.D.N.; Grant, J.; Mah, J.; Basarab, J.A.; Okine, E.K.; Moore, S.S.; Wang, Z. 2011b. Genetic parameters and genotype x environment interaction for feed efficiency traits in steers fed grower and finisher diets. *Journal of Animal Science*. v. 89, p. 3394-3400.
- Etheridge, R.D.; G.M. Pesti; E.H. Foster. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.73, p.21-28.
- Fitzsimons C., Kenny D.A., Deighton M.H., Fahey A.G., McGee M. 2013. Methane emissions, body composition, and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 91:5789-5800.
- Hegarty, R. S., J. P. Goopy, R. M. Herd, and B. McCorkell. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J. Anim. Sci.* 85:1479–1486.
- Herd, R. M., V. H. Oddy, and E. C. Richardson. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. *Aust. J. Exper. Agric.* 44: 423-430.
- Herd, R.M.; R.S. Hegarty;; R.W. Dicker;; Archer, J.A.; P.F. Arthur. 2002. Selection for residual feed intake improves feed conversion in steers on pasture. *Animal Production in Australia*. v. 24, p. 85-88.
- Huhtanen, P.; Kaustell, K.; Jaakkola, S. 1994. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, p.211-227.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. p. 10.1-10.84.
- Johnson, K.A.; D.E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal Animal Science*, v.73, p.2483–2492.
- Koch, R.M.; Swiger, L.A.; Chambers, D.; Gregory, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*. v. 22, p. 486-494.
- Licitra, G.; T.M. Hernandez; P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347-358.

- Meyer, A.M.; M.S. Kerley; R.L. Kallenbach. 2008. The effect of residual feed intake classification on forage intake by grazing beef cows. *Journal of Animal Science*, v.86, p.2670-2679.
- Mertens, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC* 85, 1217–1240.
- Moate P.J, S.R.O. Williams, C. Grainger, M.C. Hannah, E.N. Ponnampalam, R.J. Eckard. 2011. Influence of cold-pressed canola, brewers grains and hominy meal as dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167: 254-264.
- Moss, A.R.; D.I. Givens. 2002. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.97, p.127-143.
- Nkrumah, J. D., J. A. Basarab, M. A. Price, E. K. Okine, A. Ammoura, S. Guercio, C. Hansen, C. LI, B. Murdoch, and S. S. Moore. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *J. Anim. Sci.* 82:2451–2459.
- Nkrumah, J. D., E. K. Okine, G. W. Mathison, K. Schmid, C. LI, J. A. Basarab, M. A. Price, Z. Wang, and S. S. Moore. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J. Anim Sci.* 84: 145-153.
- Okine, E.K.; J.A. Basarab; L.A. Goonewardene; P. Mir. 2003. Residual feed intake: what is it and how does it differ from traditional concepts of feed efficiency? In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE ANNUAL MEETING, 2003, Saskatoon. Proceedings... Saskatoon: Canadian Society of Animal Science, p.1-15.
- Okine, E.K., Z. Wang, L.A. Goonewardene, Z. Mir and M.F. Lui. 2001. Residual metabolizable feed consumption as a method of comparing feed efficiency in steers fed silage and silage-grain diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 92/1-2: 87- 93.
- Olson, K. C.; R. E. Banner; R. D. Wiedmeier. 2000. Reducing methane emission from beef cow herds in range-based management systems In: Final report to the ruminant livestock efficiency program atmospheric pollution prevention division United States Environmental Protection Agency. Utah State University: Logan, 31p.
- Paulino, M.F.; E. Detmann; S.C. Valadares Filho. 2006. Suplementação animal em pasto: energética ou proteica. *Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem*, 3. Anais. p.359-392.

- Primavesi, O.; A. Berndt; M.A. Lima; R.T.S. Frighetto; J.J.A.A. Demarchi; M.S. Pedreira. 2012. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários, p 239-270. In: Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Magda A. Lima; Boddey, R. M.; Alves, B. J. R.; Machado, P. L. O. de A.; Urquiaga, S., editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 347 p.
- Primavesi, O.; R.T.S. Frighetto; M.S. Pedreira; M.A. Lima; T.T. Berchielli; J.J.A.A. Demarchi; M.Q. Manella; P.F. Barbosa; K.A. Johnson; H.H. Westberg. 2004. Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. 1^a ed., São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 76p. (Documentos 39).
- Schenkel, F. S., S. P. Miller, and J. W. Wilton. 2004. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. *Can. J. Anim. Sci.* 84:177–185.
- Sollenberger, L. E.; D. J. R, Cherney. 1995. Evaluating forage production and quality, p, 97-110, In R, F, Barnes, D, A, Miller, C, J, Nelson (eds.), *Forages: The science of grassland agriculture*, Vol, 1, Iowa State Univ, Press, Ames, IA.
- THEANDER, O.; E. A, WESTERLUND. 1986 Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis on dietary fibre. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, v. 34, p. 330-336.
- Titgemeyer, E.C.; C. K. Armendariz; D.J. Bindel. 2001. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal of Animal Science*, v.79, n.4, p.1059-1063.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, 2.ed. Cornell University Press.
- Van Soest, P.J.; J.B. Robertson. 1985. *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: Cornell University, 202p.
- Waghorn, G. C and R. S. Hegarty. 2011. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. *Animal Feed Science and Technology* 166–167, 291–301.
- Wilkerson, VA, Casper, DP, Mertens, DR. 1995. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *Journal of Dairy Science*, 78, 2402-2414.
- Williams, C.H.; D.J. David.; O. Lismaa. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *The Journal of Agricultural Science*, v.59, n.3, p.381-385.