

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA
EM NOVILHAS GIR, HOLANDÊS E F1 –
HOLANDÊS x GIR**

CARLOS GIOVANI PANCOTI

BELO HORIZONTE
ESCOLA DE VETERINÁRIA - UFMG
2015

Carlos Giovani Pancoti

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA EM NOVILHAS GIR, HOLANDÊS E F1 – HOLANDÊS x GIR

Tese apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção de grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Co-orientação: Ricardo Reis e Silva; Fernando César Ferraz Lopes.

Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária - UFMG
2015

P188e Pancoti, Carlos Giovanni, 1980-
Exigências nutricionais de energia em novilhas Gir, Holandês e F1 – Holandês x
Gir / Carlos Giovanni Pancoti. – 2015.
120 p. : il.

Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Co-orientadores: Ricardo Reis e Silva, Fernando César Ferraz Lopes

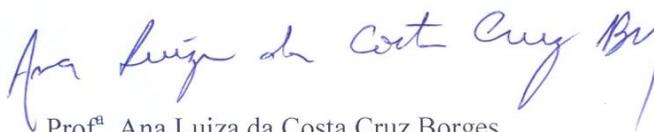
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Novilho – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses.
3. Nutrição animal – Teses. 4. Metabolismo energético – Teses. 5. Exigências
nutricionais – Teses. I. Borges, Ana Luiza da Costa Cruz. II. Silva, Ricardo Reis e.
III. Lopes, Fernando César Ferraz. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola
de Veterinária. V. Título.

CDD – 636.208 5

Tese defendida e aprovada em 27 de Fevereiro de 2015

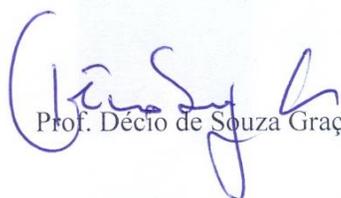
pela comissão examinadora constituída por:



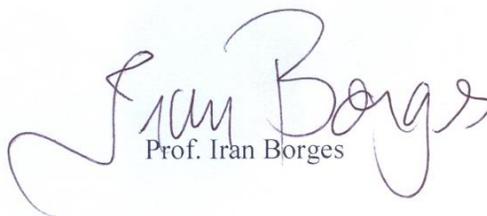
Prof.^a. Ana Luiza da Costa Cruz Borges
Orientadora



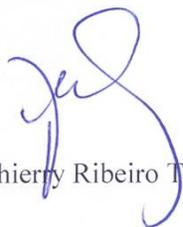
Prof. Ricardo Reis e Silva
(co-orientador)



Prof. Décio de Souza Graça



Prof. Iran Borges



Dr. Thierry Ribeiro Tomich



Dr. José Reinaldo Mendes Ruas

DEDICATÓRIA

A Deus, a minha família e ao meu país.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Antonio Carlos e Cenira pelo apoio e carinho incondicional.

À minha irmã Luciana, meu cunhado Marcos (in memoriam) e ao meu sobrinho Lorenzo que me deram motivos pra seguir em frente.

Aos orientadores: Ana Luiza, Ricardo Reis e Fernando César pela orientação e confiança depositada.

Aos meus grandes Amigos Alexandre Lima Ferreira, Paulo Vitor Valentini e Anna Carolynne Alvim Duque pela dedicação, apoio e generosidade.

À EPAMIG e a Sra. Lindalva de Oliveira Dutra Vivenza pela colaboração com os animais.

À banca examinadora composta pelos professores Décio de Souza Graça e Iran Borges e aos pesquisadores Thierry Ribeiro Tomich (EMBRAPA) e José Reinaldo Mendes Ruas (EPAMIG).

À todos alunos de Iniciação Científica e pós graduandos que colaboram na execução do projeto.

Aos meus Mestres que durante todo o período de minha formação acadêmica colaboraram com o meu aprendizado, especialmente aos professores Sandra Gesteira, Norberto Rodriguez, Ronaldo Braga, Lúcio Gonçalves e Fernando César.

Aos colegas de Pós: Raphael Mourão, Heloísa Falcão, André “Negão”, Juliana Sávia, Marcelina Pereira, os “Juans”, Helena Lage, Alexandre, Carol e Paulo Vitor.

Aos queridos Eduardo, Geanete e Cybele pelo grande incentivo e credibilidade depositada.

Ao Paulo Vitor, Toninho e à Agrocerec Multimix pela colaboração nas análises laboratoriais.

Às grandes amigas Fernanda Bastos e Cássia Regina pelos conselhos, ensinamentos e carinho.

Aos queridos amigos que sempre me incentivaram e torceram por mim: Tarcísio Nery, Sandra Zatta, Jorge Zatta, João Geraldo, Geraldo Almeida, Cristiano Adam, André Moraes, Guilherme Rocha Moreira, Lindomárcia, Silas Gomes, Yuri Benevides, Ítalo Mendes, Cecília, Thiago Barroso, Fernanda Altieri, Edimo Carvalho, Lucas Ferreira, Anna Roth, Fernando Brito, Anália, Fabrício e César.

Aos amigos do LAMACA Sr. Nilson e Roberto, e os colegas do xerox do Vagner.

Aos funcionários da Escola de Veterinária, especialmente do Departamento de Zootecnia.

Ao CNPq pela bolsa de estudo

À FAPEMIG pela colaboração financeira no projeto

À todos de que alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO I.....	22
REVISÃO DE LITERATURA.....	22
Grupos Genéticos.....	22
Energia.....	24
Partição da Energia dos Alimentos.....	24
Manutenção e Metabolismo Basal.....	29
Produção de Calor e Tamanho Metabólico.....	30
Exigências de Energia.....	30
Energia de Manutenção e Metodologias.....	30
Variações das Necessidades de Energia para Manutenção.....	33
Diferenças nos Requisitos de Energia para Manutenção entre Raças.....	34
Diferenças nos Requisitos de Energia para Manutenção entre Sexos.....	37
Idade.....	38
Efeito da Estação.....	39
Efeito da Temperatura.....	39
Efeitos do Estádio Fisiológico Sobre os Requisitos de Manutenção.....	41
Efeitos da Atividade Física Sobre a Manutenção.....	41
Ganho Compensatório.....	42
Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Manutenção.....	42
Exigências de Energia para Ganho de Peso.....	43
Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Energia Líquida de Ganho.....	48
Comportamento Ingestivo.....	49
Produção de Metano.....	51
Respirometria para Mensuração da Produção de Metano.....	54
Fatores que Influenciam a Produção de Metano por Ruminantes.....	54
Referências Bibliográficas.....	58
 CAPÍTULO II.....	 67
Consumo, Digestibilidade, Ganho de Peso e Comportamento Alimentar em Novilhas das Raças Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir).....	67

INTRODUÇÃO.....	68
MATERIAL E MÉTODOS.....	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
CAPÍTULO III.....	93
Partição Energética, Exigências Nutricionais de Energia e Produção de Metano em Novilhas das Raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir.....	93
INTRODUÇÃO.....	95
MATERIAL E MÉTODOS.....	97
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
CONCLUSÕES.....	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Base de requisitos em exigências e correções para estimar a energia líquida de manutenção (EL_m) para vacas leiteiras em cinco sistemas nutricionais.....	33
Tabela 2 - Regressões da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável e estimativa das exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais.....	38
Tabela 3 - Produção diária de metano em relação ao consumo de matéria seca digestível, consumo de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente neutro digestível em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir alimentadas com feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>).....	57
Tabela 4 - Composição bromatológica do feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) utilizado na alimentação das novilhas.....	71
Tabela 5 - Composição bromatológica do concentrado utilizado na alimentação das novilhas.....	71
Tabela 6 - Composição química média da dieta experimental, utilizando-se a relação volumoso:concentrado de 70:30.....	72
Tabela 7 - Consumo de matéria seca, nutrientes e energia por novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir alimentadas com dietas constituídas por feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	77
Tabela 8 - Digestibilidade (g/kg) da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta e nutrientes em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir, alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	79
Tabela 9 - Avaliação do comportamento ingestivo de novilhas Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir, expresso em minutos por dia gastos com alimentação, ruminação, mastigação, ingestão de água, ócio, posição de estação e decúbito.....	80
Tabela 10 - Avaliação do desempenho de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir confinadas, alimentadas com dietas a base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	85
Tabela 11 - Balanço aparente de nitrogênio em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir, confinadas e alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	86

Tabela 12 - Consumo e desempenho de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 alimentadas com dieta à base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	99
Tabela 13 - Trocas gasosas, coeficiente respiratório e produção de calor em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir confinadas, alimentadas em dietas a base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	101
Tabela 14 - Balanço energético de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	105
Tabela 15 - Exigências de energia líquida para ganho de peso (Mcal/dia) de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir.....	109
Tabela 16 - Densidade energética da dieta experimental baseada em feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado, para novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir.....	110
Tabela 17 - Produção de metano determinada em respirometria, por novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir alimentadas com dietas a base de feno de Tifton 85 (<i>Cynodon dactylon</i>) e concentrado.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de Energia.....	26
Figura 2 - Representação esquemática da influencia do nível de consumo na partição da energia consumida em bovinos alimentados em dietas com forragem de moderada qualidade.....	27
Figura 3 - Representação da relação entre energia retida e consumo de energia metabolizável.....	32
Figura 4 - Relação entre peso de corpo vazio, gordura corporal e concentração de água e proteína no corpo de machos castrados de raças Britânicas.....	44
Figura 5 - Relação entre o peso de corpo vazio e a porcentagem de gordura corporal nas diferentes raças.....	45
Figura 6 - Relação entre o peso de corpo vazio e a proteína corporal nas diferentes raças.....	45
Figura 7 - Relação entre consumo de matéria seca e emissão de metano em bovinos.....	55
Figura 8 - Relação entre consumo de matéria seca e emissão de metano como porcentagem da energia bruta consumida em bovinos.....	56

Figura 9 - Distribuição percentual das atividades de alimentação, ruminação, ócio e ingestão de água e de comportamento de estação ou de decúbito, em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 - Holandês x Gir alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado, ao longo de 24 horas.....81

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCBRH	Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandês
ABCZ	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
AGV	Ácido Graxo Volátil
ATP	Adenosina Trifosfato
BE	Balanço Energético
Ca	Cálcio
Cal	Caloria
CCNF	Consumo de Carboidratos não Fibrosos
CE	Consumo de Energia
CEB	Consumo de Energia Bruta
CED	Consumo de Energia Digestível
CEE	Consumo de Extrato Etéreo
CEM	Consumo de Energia Metabolizável
CFDA	Consumo de Fibra em Detergente Ácido
CFDN	Consumo de Fibra em Detergente Neutro
CH ₄	Metano
CHOT	Carboidratos Totais
cm	Centímetro
CMO	Consumo de Matéria Orgânica
CMS	Consumo de Matéria Seca
CMSD	Consumo de Matéria Seca Digestiva
CNF	Carboidrato não Fibroso
CO ₂	Dióxido de Carbono
Conc.	Concentrado
CPB	Consumo de Proteína Bruta
CV	Coefficiente de Variação
CVZ	Corpo Vazio
EA	Eficiência Alimentar
EB	Energia Bruta
ECC	Escore da Condição Corporal
ED	Energia Digestível
ED _{ap}	Energia Digestível Aparente
ED _v	Energia Digestível Verdadeira
EE	Extrato Etéreo
EF	Energia Fecal
EF _m	Energia Fecal Metabólica
EG	Energia dos Gases
EL	Energia Líquida
EL _g	Energia Líquida do Ganho
EL _m	Energia Líquida de Manutenção
EM	Energia Metabolizável

EM _g	Energia Metabolizável do Ganho
EM _m	Energia Metabolizável de Manutenção
Epamig	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EPM	Erro Padrão da Média
ER	Energia Retida
EU	Energia da Urina
F1	Produto do cruzamento entre Gir e Holandês
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDN _{dig}	Fibra em Detergente Neutro Digerida
FDN _{ing}	Fibra em Detergente Neutro Ingerida
FV	Forragem Verde
g	Grama
GMD	Ganho Médio Diário
GPCVZ	Ganho de Peso de Corpo Vazio
GPV	Ganho de Peso Vivo
H ₂ O	Água
HFC	Hidrofluorcarbonos
I	Ingestão
IC	Incremento Calórico
IE	Insolação Externa
Im	Quantidade de Alimento Consumido
IMS	Ingestão de Matéria Seca
IT	Insolação Tecidual
J	Joule
j	Jejum
k_b	Eficiência da Conversão de Reserva Corporal em ATP
Kcal	Quilocaloria
k_g	Eficiência do Uso da EM para Ganho
kg	Quilograma
k_{gord}	Eficiência do Uso da EM para Gordura
k_m	Eficiência do Uso da EM para Manutenção
k_{prot}	Eficiência do Uso da EM para Proteína
L	Litro
LAMACA	Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
MB	Metabolismo Basal
Mcal	Megacaloria
MDL	Modelo de Desenvolvimento Limpo
MG	Minas Gerais
mg	Miligramma
mL	Mililitro

MM	Matéria Mineral
mm	Milímetro
MO	Matéria Orgânica
MO _{dig}	Matéria Orgânica Digerida
MO _{ing}	Matéria Orgânica Ingerida
MS	Matéria Seca
MSD	Matéria Seca Digestível
MS _{dig}	Matéria Seca Digerida
MS _{ing}	Matéria Seca Ingerida
N	Nitrogênio
N ₂ O	Óxido Nitroso
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido
NIDN	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
Nu	Nitrogênio Urinário
O ₂	Oxigênio
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PC	Produção de Calor
PC _{ferm}	Produção de Calor da Fermentação
PC _j	Produção de Calor em Jejum
PCVZ	Peso de Corpo Vazio
PCVZ ^{0,75}	Peso de Corpo Vazio Metabólico
PFC	Perfluorcarbonos
pH	Potencial Hidrogeniônico
ppb	Parte por Bilhão
PV	Peso Vivo
PV ^{0,75}	Peso Vivo Metabólico
PVf	Peso Vivo Final
PVi	Peso Vivo Inicial
PVj48	Peso Vivo em Jejum de 48h
PVj72	Peso Vivo em Jejum de 72h
PV _{jeq}	Peso Vivo Equivalente em Jejum
<i>q</i>	Metabolizabilidade da Dieta
QR _a	Quociente Respiratório de Animais Alimentados
QR _j	Quociente Respiratório de Animais em Jejum
SF6	Hexafluoreto de Enxofre
T	Temperatura
T	Topografia
TGI	Trato Gastro Intestinal
UR	Umidade Relativa do Ar
UTM	Unidade de Tamanho Metabólico

RESUMO

Dezoito novilhas, sendo seis da raça Holandês, seis da raça Gir e seis da raça F1 – Holandês x Gir foram utilizadas para determinação das exigências nutricionais para energia e ganho de peso dos diferentes grupamentos genéticos. Os animais passaram por um período de 70 dias de adaptação às condições experimentais. As novilhas apresentaram peso vivo (PV) inicial médio de 402kg e foram mantidas em galpão de confinamento tipo *tie stall*, alimentadas individualmente com dietas compostas de 70% de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e 30% de concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico, fornecidas *ad libitum* duas vezes ao dia, as 8:00h e 16:00h. As dietas foram formuladas para possibilitar ganhos de 900g/dia. Os animais foram pesados quinzenalmente para determinação do ganho de peso diário (GMD; kg) e da conversão alimentar (EA) em um período de 84 dias. Simultaneamente, foi realizado ensaio para avaliação da digestibilidade aparente durante 5 dias, onde foi feita coleta total de fezes. No último dia correspondente à digestibilidade foi determinado o tempo despendido (minutos/dia) e percentual de distribuição das atividades de alimentação, ruminação, ingestão de água, ócio, posição deitada e de pé, no intuito de avaliar o comportamento ingestivo das diferentes raças. O consumo de matéria seca (MS), nutrientes e energia, foram superiores ($P < 0,01$) para as raças Holandês e F1 em relação ao Gir. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre raças para as digestibilidades aparentes da MS e nutrientes. O tempo utilizado em atividades de alimentação, ruminação e mastigação (minutos/kg MS; minutos/kg fibra em detergente neutro – FDN), foi maior ($P < 0,01$) para os animais da raça Gir. Os animais F1 e Holandês permaneceram por maior período de tempo ($P < 0,05$) deitados do que o grupo Gir. O GMD foi maior ($P < 0,05$) no Holandês (0,950kg) em relação ao Gir (0,650kg) e não houve diferença ($P > 0,05$) no GMD dessas raças em relação ao F1 (0,841kg). A EA foi semelhante entre os grupamentos genéticos (0,091). A ingestão de nitrogênio (N) aumentou ($P < 0,001$) com a ingestão de MS e levou a maiores ($P < 0,01$) excreções de N. A retenção de N foi maior ($P < 0,01$) no Holandês. Não houve diferença ($P > 0,05$) na relação entre N ingerido e N retido (0,45) entre as raças. Os animais da raça Gir apresentaram exigências de energia líquida de manutenção (EL_m) de 83,94kcal/kg $PV^{0,75}$, 15% inferiores às exigências da F1, de 96,67kcal/kg $PV^{0,75}$, enquanto que a Holandês apresentou exigências de EL_m de 113,24kcal/kg $PV^{0,75}$, 17% superiores à F1. As exigências de energia líquida para ganho (EL_g) foram superiores ($P = 0,05$) para a raça Gir (7,11Mcal/kg PV ganho) em relação ao Holandês (3,03Mcal/kg PV ganho),

porém não houve diferença para as novilhas F1 (5,64Mcal/kg PV ganho). Não houve efeito ($P>0,05$) do grupo genético sobre os quocientes respiratórios tanto em jejum quanto alimentado, sobre a metabolizabilidade (q) da dieta, na relação entre a energia metabolizável (EM) com a energia digestível (ED) e no balanço energético (4,67Mcal/dia). A produção de metano (CH_4) (g/dia; % consumo de energia bruta – EB) foi menor ($P<0,01$) para o Gir. Não houve diferença ($P>0,05$) na produção de CH_4 em relação ao GMD. Não houve efeito ($P>0,05$) do grupamento genético sobre a partição energética da dieta, cujos valores, expressos em Mcal/kg MS, foram de 4,13; 2,71; 2,28; 1,25 e 1,03, para EB, ED, EM, EL_m e EL_g , respectivamente.

A raça Gir apresentou menor potencial de consumo em relação ao Holandês e F1, mas as raças foram equivalentes na EA e nos balanços energético e do N. O Gir apresenta maior taxa de ruminação em dieta mais volumosa em relação às demais raças avaliadas, porém, gasta período maior de tempo em posição de pé para alimentação. A raça Gir apresenta menores gastos energéticos com manutenção, seguida pela F1, mostrando que zebuínos e mestiços apresentam menores exigências de manutenção. Porém, novilhas Gir apresentaram maior necessidade de energia para ganho em relação ao Holandês, devido a maior proximidade do peso adulto, sendo que a F1 apresentou igual EL_g entre as raças, demonstrando características intermediárias entre as outras duas raças. Há necessidade de mais pesquisas envolvendo exigências nutricionais de energia, balanço energético e produção de metano em animais zebuínos de origem leiteira em condições tropicais.

Palavras-chave: bovino, grupamento genético, metabolismo energético, respirometria.

ABSTRACT

Eighteen heifers being six Holstein, six Gyr and six Holstein-Gyr crossbred (F1) were used to determine energy and weight gain nutritional requirements of different genetic groups. The animals were adapted to experimental conditions for 70 days. The initial average body weight (BW) was 420 kg. The heifers were kept in a tie stall barn and fed *ad libitum* and individually twice a day at 8 am and 4 pm. The diet was composed of 70% of Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) hay and 30% of a concentrate with corn, soybean meal, wheat meal and mineral/vitamin supplement. The diet was formulated to produce 900 grams/day of weight gain. The animals were weighted fortnightly to determinate average daily weight gain (ADG; kg) and feed conversion rate (FCR) in a period of 84 days. Simultaneously, an essay was conducted along five days to evaluate apparent digestibility using the total fecal collection procedure. The animal's ingestive behaviours were assessed at the last day of the essay and spent time (minutes/day), percentual of feeding activities distribution, rumination, water intake, non-activity, standing and lying positions were determined for different genetic groups. The dry matter, nutrients and energy intake were higher ($P<0.01$) for Holsteins and Holstein-Gyr crossbred (F1) animals compared to Gyr animals. There were no significant differences between genetic groups for apparent digestibility of DM and nutrients. Time spent for feeding activities, rumination and chewing (minutes/kg DM; minutes/kg neutral detergent fiber – NDF) were higher ($P<0.01$) for Gyr animals. Holstein and Holstein-Gyr crossbred animals remained lying for a longer time ($P<0.05$) than Gyr animals. The ADG was higher ($P<0.05$) for Holstein (0.950 kg) compared to Gyr (0.650 kg) and Holstein-Gyr crossbred (0.841 kg) had no significant difference to both pure breeds. The FCR was similar for all genetic groups (0.091). Nitrogen (N) intake had increased ($p<0.001$) with increased DM intake and conducted to higher N excretion. Nitrogen retention was higher ($p<0.01$) for Holstein. There were no significant differences ($P<0.05$) on the relation of intake N and retained N (0.45) among genetic groups. Gyr animals' maintenance net energy NE_m was 83.94 kcal/kg $BW^{0.75}$, 15% less compared to F1 animals with was 96.67 kcal/kg $BW^{0.75}$, while Holstein animals required NE_m of 113.24 kcal/kg $BW^{0.75}$, 17% more than crossbred animals. Gain net energy requirements (NE_g) were higher ($P=0.05$) for Gyr heifers (7.11 Mcal/kg of gained BW) comparing to Holstein heifers (3.03 Mcal/kg of gained BW), but there was no difference for H-G crossbred heifers (5.64 Mcal/kg of gained BW). There was no effect ($P>0.05$) of genetic group over respiratory quotients both to fed and fasting, diet

metabolizability (q), on the relation between metabolizable energy (ME) and digestible energy (DE), neither over energetic balance (4.67 Mcal/day). Methane production (CH_4) (g/day; % of gross energy consumption – GE) was less ($P < 0.01$) for Gyr animals. There was no difference ($P > 0.05$) on CH_4 production over ADG. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic group on energetic participation of diet with values expressed in Mcal/kg of DM of 4.13, 2.71, 2.28, 1.25 and 1.03 for GE, DE, ME, NE_m and NE_g , respectively.

Gyr breed had less consumption potential comparing to Holstein and F1, but breeds were similar on FC and N and energetic balances. Gyr has the higher rumination rate with roughage diets than other two breeds, however, it spent higher period standing for feed. Gyr has less energetic spending with maintenance followed by F1, indicating that zebu cattle and zebu-crossed animals have less maintenance energy requirements. Nevertheless, Gyr heifers had higher energy requirements for gain compared to Holstein due to be close to the adult weight wherein F1 had equal NE_g to pure breeds, indicating intermediary characters of Gyr and Holstein. More research regarding nutritional energy requirements, energetic balance and methane production of dairy zebu cattle in tropical conditions are needed.

Keywords: cattle, energetic metabolism, genetic group, respirometry

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui um rebanho bovino de 211,8 milhões de cabeças (IBGE, 2014), sendo aproximadamente 21,0% para a produção de leite e 79,0% para a produção de carne (Anualpec, 2014). Em todo o mundo, os agentes econômicos envolvidos no processo de produção e comercialização da carne bovina reconhecem os baixos índices de produtividade, não somente pela limitação de terra, mas principalmente pelo tipo de sistema de produção empregado. Grande parte do rebanho brasileiro é criado em sistema extensivo, o que explica parcialmente o baixo índice de produtividade. No entanto, este fato pode ser significativamente alterado, pela intensificação da produção associado à aplicação de tecnologias como cruzamentos, intensificação dos sistemas produtivos com confinamentos e incorporação de avanços na nutrição animal.

Nessa lógica, a pecuária precisa ser mais rentável. O crescimento da pecuária, principalmente por ganhos em produtividade, pois ganhos em expansão de área são cada vez menos viáveis, só ocorrerá com aumento da eficiência no sistema de produção.

A intensificação do sistema vem aumentando. O número de confinamentos de gado de corte no país mais que dobrou de 2006 até 2014, indo de 2,3 milhões para 4,7 milhões de animais confinados/ano. No mesmo período, a produção de leite saltou de 20,9 bilhões de litros para 25,8 bilhões, aumento de 23,4%, sendo o aumento do número de animais na ordem de 8,3% (17 milhões de cabeças atuais), mas um aumento de 23% na produtividade, indo de 4,7 para 5,8 litros/cabeça/dia (Anualpec 2014).

Nos últimos anos tem ocorrido significativo aumento da produtividade acompanhado por melhoria na qualidade. Investimentos em todos dos setores da produção, em virtude da globalização e do crescimento constante da população consumidora, são essenciais para atender a maior demanda de produtos de maior qualidade. Uma revolução agrícola está em curso desde 1970 e a quantidade de leite consumido vem aumentando nos países em desenvolvimento.

Associado a esse crescimento na demanda de produção de proteína de origem bovina, também há preocupações econômicas e ambientais associadas à emissão de metano e ao uso da terra. A intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal depende de diversos fatores como o consumo de matéria seca, digestibilidade da dieta, proporção volumoso concentrado, teor e degradabilidade da fibra. Conhecer os fatores que determinam a taxa de emissão de produtos poluidores é de extrema importância ao processo de redução dos impactos ambientais causados pelos sistemas de produção animal, além de aumentar a eficiência de utilização dos insumos.

A produção de leite no Brasil ainda enfrenta um grande desafio: a busca de eficiência na gestão dos negócios e de compatibilidade entre o tipo de rebanho, a localização geográfica dele e o manejo adotado. A utilização de animais cruzados para produção de leite é prática bastante utilizada, principalmente devido à questões climáticas e de manejo presentes e adotadas no país. Estimando-se que cerca de 70% do rebanho leiteiro nacional consiste de animais mestiços (Alvim et al., 2005). Dentre as raças mais utilizadas nesses cruzamentos estão a Holandês e Gir, utilizadas em cruzamentos com diversos graus de sangue.

Informações disponíveis sobre esses animais são escassas, visto que a Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros ou Cruzados (BR-CORTE) publicada por Valadares Filho et al. (2010), a qual representa um grande avanço científico na área de produção de bovinos em condições tropicais, não contempla animais leiteiros e seus cruzamentos, o que resulta em grande carência de conhecimentos sobre as exigências desses animais.

A produção de ruminantes tem como objetivo principal o fornecimento de produtos para o consumo humano (leite, carne, lã, etc.) e para que isso ocorra é cada vez mais importante ter a visão de eficiência do sistema de produção. O Brasil tem lugar de destaque no cenário mundial quando se trata de produtos do setor pecuário, sendo um dos principais fornecedores de produtos de origem animal do mundo. A eficiência produtiva e econômica dos sistemas de produção animal depende, em especial do uso de medidas racionais de manejo, sobretudo em relação à nutrição animal. Grande parte do custo de produção é proveniente da alimentação e, portanto, o correto balanceamento das dietas é de grande importância, sendo necessário o acurado conhecimento das exigências nutricionais dos animais assim como da composição bromatológica e da disponibilidade de nutrientes nos distintos alimentos.

No Brasil, a utilização da calorimetria indireta para determinar as exigências nutricionais de animais ruminantes é ainda recente, sendo a técnica de abates comparativos a metodologia mais difundida e utilizada. Os dados gerados pela respirometria calorimétrica permitem o estudo refinado da partição energética, possibilitando determinar a eficiência de utilização da energia metabolizável para diferentes funções produtivas em distintas raças e seus cruzamentos, e em diferentes condições de alimentação. As informações geradas sobre a eficiência energética e produção de metano, aliadas aos dados de energia retida pelo animal e de energia líquida da dieta, contribuem para o refinamento do estudo das exigências nutricionais de animais zebuínos e seus cruzamentos em condições tropicais. Neste sentido, justificam-se os esforços realizados para gerar informações sobre as exigências nutricionais em bovinos leiteiros no Brasil, permitindo no futuro próximo, através do acúmulo das informações geradas, a elaboração de tabelas de exigências nutricionais mais apropriadas às condições brasileiras.

Com isso, objetivou-se estudar o consumo, a digestibilidade, a produção de metano e o balanço energético, bem como determinar as exigências nutricionais de energia pela metodologia da respirometria calorimétrica, em bovinos fêmeas das raças Holandês, Gir e F1 – Holandês x Gir.

ALVIM, M.J.; PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, M.M.; AROEIRA, L.J.M.; CARVALHO, L.A.; NOVAES, L.P.; GOMES, A.T.; MIRANDA, J.E.C.; RIBEIRO, A.C.C.L. *Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvo-pastoris*. Glossário. In: Embrapa Gado de Leite, Sistema de Produção, No. 7 Dez/2005.

ANUALPEC. *Anuário da pecuária brasileira*. FNP, Informa Economics South America, 21 ed. São Paulo, 2014. 360p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2014. *Censo Agropecuário 2013*. Disponível em < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/> > Acesso em: 10/03/2015.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG, 2010. 193p.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1 – Grupamentos Genéticos

Os bovinos domésticos pertencem ao gênero *Bos*, onde a espécie *Bos taurus indicus* é composta pelos bovinos com “cupim” denominados de zebuínos ou indianos, provenientes da Ásia e África, e a espécie *Bos taurus taurus* é representada pelos bovinos sem cupim, denominados de europeus. Essas duas espécies podem reproduzir entre si sem afetar sua fertilidade, permitindo, sob o ponto de vista do melhoramento genético, a combinação de características de rusticidade da primeira e produção da segunda (Tambasco, 1998).

A raça Gir, representante da espécie *Bos taurus indicus*, foi um dos principais grupamentos zebuínos trazidos para o Brasil (Faria et al., 2001), sendo introduzida por volta de 1906 (Santiago, 1986). No seu país de origem (a raça é originária das regiões de Gir, na península de Kathiawar - Índia) é muito utilizada para a produção de leite (Faria et al., 2001). No início de sua exploração no Brasil, o Gir foi bastante utilizado para corte e, atualmente, é a preferida para cruzamentos leiteiros, principalmente com a raça Holandês. Caracteriza-se por um perfil convexo e ultra convexo, testa proeminente, chifres laterais frequentemente retorcidos, barbela desenvolvida e pelagens variadas, podendo apresentar pelos brancos, vermelhos, amarelos e pretos em várias combinações (Ledic, 2000). Segundo dados da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), o Gir Leiteiro apresenta menores infestações de ecto e endoparasitas, menor incidência de doenças e maior tolerância ao calor do que as raças de clima temperado.

A raça Holandês é representante da espécie *Bos taurus taurus* e sua origem é pouco conhecida. Há relatos indicando sua existência há 2.000 anos nas terras planas e pantanosas da Holanda setentrional e da Frísia (Países Baixos) e também na Frísia Oriental (Alemanha), segundo a Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (ABCBRH). No Brasil não foi estabelecida uma data para a introdução da raça Holandês, e Paulino Cavalcante (1935) citado pela ABCBRH, menciona que “segundo os dados históricos, referentes a nossa colonização, presume-se que o gado Holandês foi trazido nos anos de 1530

a 1535, período no qual o Brasil foi dividido em capitânicas hereditárias”. Os animais Holandeses são geralmente malhados de preto e branco ou vermelho e branco, com cabeça bem moldada, frente ampla e moderadamente côncava, e pele fina e pregueada com pelos finos. São animais altamente especializados para a produção de leite, mas necessitam de boas condições de temperatura e clima (Marques, 1976).

Historicamente, Minas Gerais destaca-se como o maior produtor de leite do País. Em 2013, o estado produziu 6,5 bilhões de litros, representando 25,5% da produção nacional, e com 19,3% do rebanho bovino leiteiro, seguido pelo Rio Grande do Sul com 13,5% da produção nacional, possuindo 7,7% do rebanho leiteiro nacional (Anualpec 2014).

Paralelamente, o levantamento dos 100 maiores produtores de leite do Brasil de 2014 (base 2013; Milkpoint 2014), mostra que 46 deles estão em Minas Gerais, demonstrando a forte vocação do estado na atividade. No que diz respeito à composição racial dos rebanhos produtores de leite em Minas Gerais (Faeng, 2006), verifica-se que 30,0% dos reprodutores apresentam predominância de sangue Holandês, 15,0% sem padrão definido e 55,0% apresentando algum grau de mestiçagem com raças zebuínas. Também foi verificada a predominância de vacas com raça e grau de sangue apropriados para a produção de leite, visto que 42,0% eram mestiças (Holandês x Zebu) e 25,0% com predominância de sangue Holandês. Apenas 8,0% das vacas zebuínas e 25,% sem padrão definido. Observa-se, dessa forma, a prevalência de sistemas produtivos que utilizam predominantemente animais mestiços Holandês-Zebu.

De acordo com Ruas et al. (2008), o objetivo do uso de cruzamentos em gado de leite é a associação de características produtivas de raças taurinas com a resistência e rusticidade das raças zebuínas, gerando um animal mestiço mais adaptado à produção de leite em clima tropical do que as raças puras. Portanto, vacas F1 (Holandês x Zebu) tornam-se a opção ideal de cruzamento para a produção de leite, expressando a máxima heterose, combinada ao efeito aditivo.

A utilização de fêmeas da raça Gir em cruzamentos com touros da raça Holandês, é a primeira opção de técnicos e produtores para a produção de fêmeas F1, originando a tradicional Girolanda. Entre os fatores que muito influenciam a produtividade em rebanhos leiteiros, destaca-se a eficiência reprodutiva, especialmente em rebanhos mestiços Europeu x Zebu, nos quais geralmente ocorrem lactações mais curtas nos animais dos grupos genéticos

com menor proporção de genes da raça Holandês (Facó et al., 2005). Estas lactações mais curtas precisam ser compensadas com menores intervalos de partos para que o período seco não seja excessivamente extenso. Facó et al. (2005) concluíram que a utilização de cruzamentos para gerar o Girolando, constitui alternativa importante para elevar tanto a precocidade sexual quanto a fertilidade dos rebanhos leiteiros. Madalena et al. (1990) verificaram que o cruzamento F1 teve desempenho econômico superior aos demais graus de sangue, diminuindo o lucro quando o grau de sangue afastou de 1/2, tanto para maior quanto para menor fração de Holandês. Eles também destacam as baixas taxas de descarte e de mortalidade e a longevidade das vacas F1.

Considerando esses fatores, levando em conta a importância da produção de leite no país, a inserção de Minas Gerais no cenário leiteiro nacional e a posição e destaque do gado Girolando, fica claro a necessidade do conhecimento das exigências nutricionais de animais mestiços fêmeas Holandês x Gir, tão carentes na literatura, além das raças Gir e Holandês que compõem o F1 no sistema de produção tropical.

2 – Energia

2.1 – Partição da energia dos alimentos

A energia não é considerada um nutriente, sendo liberada do alimento pelos complexos processos metabólicos, uma vez que todos os constituintes orgânicos de uma dieta são susceptíveis à oxidação. A palavra energia tem origem grega e significa "em trabalho" (*en ergon*). O trabalho da célula é a sua contração em si, através do transporte ativo de moléculas ou íons e da síntese de macromoléculas a partir de moléculas menores. A fonte de energia para este trabalho é a energia química armazenada nos alimentos. A energia de ligação entre os átomos ou moléculas representa uma fonte potencial de energia que é liberada quando a ligação é quebrada (Kleiber 1972). Dessa forma, os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos e cada um desses nutrientes são considerados pelo seu potencial em produzir energia na combustão (Resende et al., 2006).

As leis da termodinâmica e a lei de Hess foram fundamentais para o estudo da transformação da energia no meio biológico. A primeira lei estabelece que a energia não pode ser criada ou destruída, apenas transformada de uma forma para outra (lei da conservação da energia). Essa lei tem sido aplicada nos estudos de nutrição animal: se a quantidade de energia encontrada em um local (corpo do animal) é aumentada, a mesma quantidade de energia tem que ser removida de outro local (alimento consumido). A segunda lei da termodinâmica e a Lei de Hess consideram que todas as formas de energia podem ser convertidas a calor, e que a perda de calor em uma reação química independe dos caminhos da conversão. Dessa forma, pode-se considerar, por exemplo, que quando a glicose é totalmente oxidada em uma bomba calorimétrica, a quantidade de energia liberada é a mesma se ela fosse oxidada na célula (Ferrel e Oltjen, 2008).

A bomba calorimétrica adiabática, desenvolvida por Berthelot (1827-1907), permitiu a determinação precisa da quantidade total de energia de diferentes amostras, como alimentos, fezes e urina. A partir da determinação da energia contida em um alimento, procurou-se desenvolver sistemas de avaliação que refletissem a capacidade do mesmo em prover uma resposta produtiva dos animais. Para tanto, a determinação dos gastos energéticos dos animais tem sido foco de pesquisa há anos. A habilidade de quantificar todas as perdas de energia pelos ruminantes só foi possível após a descoberta do metano nos gases respiratórios e compreensão dos fatores que influenciam a perda de calor (Van Soest, 1994).

O joule (j) é a unidade preferida de expressar a energia elétrica, mecânica e química. Nutricionistas padronizam calorímetros usando especificamente ácido benzoico purificado, sendo o conteúdo energético que foi determinado em unidades elétricas é calculado em termos de joules/g mole. A caloria foi padronizada como sendo igual a 4,184 joules e é aproximadamente igual ao calor necessário para elevar a temperatura de 1 g de água a partir de 16,5° a 17,5°C. Na prática, o teor calórico é uma pequena quantidade de energia, assim, a quilocaloria (1 kcal = 1.000 calorias) e megacaloria (1 Mcal = 1.000 kcal) são mais convenientes para uso em conjunto com os padrões de alimentação animal (NRC, 1996). A unidade de energia joule empregada presentemente em muitos países, vem substituindo a caloria (CSIRO, 2007).

A energia bruta (EB) ou calor de combustão é a energia liberada na forma de calor quando uma substância orgânica é completamente oxidada a dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O)

(Kleiber 1972). Ela é relacionada com a composição química, mas não fornece qualquer informação sobre a disponibilidade dessa energia para o animal. Assim, EB é de uso limitado para avaliar o valor de uma dieta ou ingrediente alimentar como fonte de energia para o animal.

A ingestão ou consumo de energia do alimento (CE) é a EB do alimento consumido. Uma porção substancial do CE é perdida pelo animal como energia fecal (EF) e a diferença (CE - EF) é denominada energia digestível aparente (ED_{ap}). Esta se distingue da energia digestível verdadeira (ED_v), que contabiliza a energia fecal metabólica (EFM) e o calor produzido pela fermentação (PC_{Ferm}) (NRC, 1981). O fluxo de energia, como está demonstrado no NRC (1981), pode ser visualizado na figura 1.

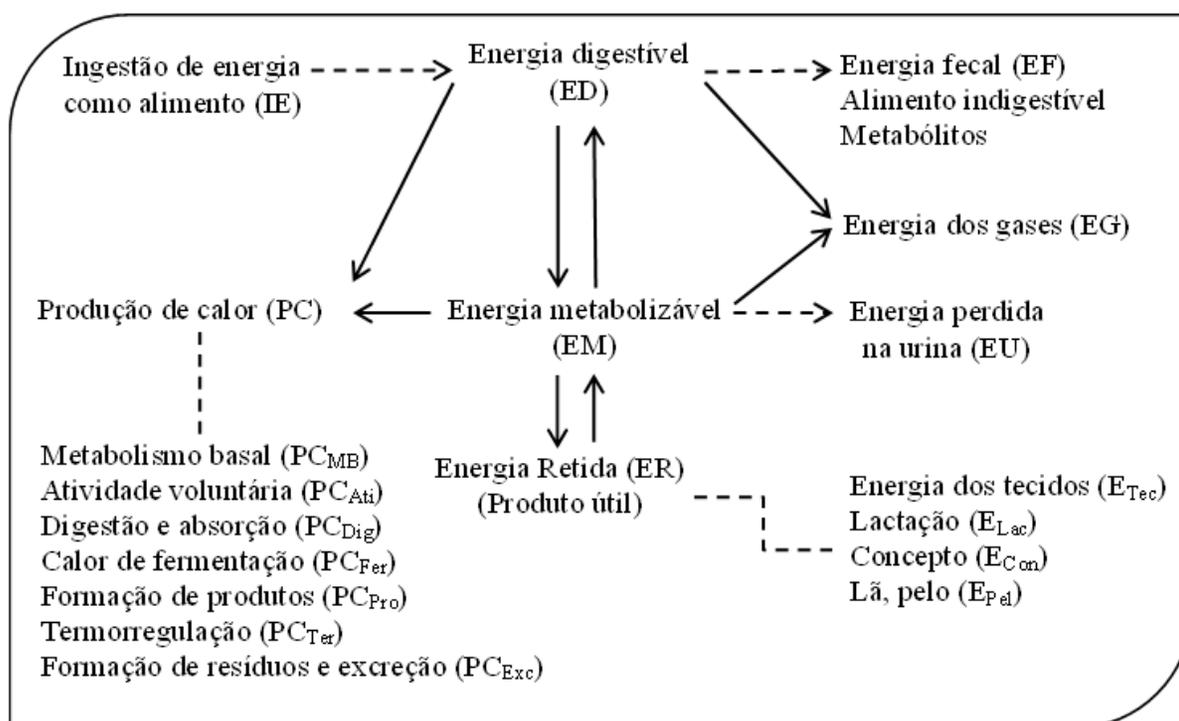


Figura 1. Fluxo de energia. Fonte: Adaptado do NRC (1981).

A proporção de ED da EB pode variar de 0,3 para uma forragem muito madura e cerca de 0,9 para grãos de cereais de alta qualidade. A ED tem certo valor para a avaliação de alimentos, porque reflete a digestibilidade da dieta e pode ser medida com relativa facilidade, no entanto, a ED não considera diversas perdas importantes de energia associados à digestão e metabolismo dos alimentos. Como resultado, a ED superestima o valor de alimentos ricos em

fibras, tais como fenos ou palhadas em relação aos alimentos com baixo teor de fibras e altamente digestíveis, tais como grãos. Nutrientes digestíveis totais (NDT) são semelhantes a ED, mas inclui uma correção para a proteína digestível. O NDT não tem quaisquer vantagens ou desvantagens em relação a ED, como a unidade para descrever valores de avanço ou de expressar as necessidades energéticas do animal. O NDT pode ser convertido em ED pela equação ($1 \text{ kg NDT} = 4,4 \text{ Mcal ED}$) (NRC, 1996). O problema dos sistemas que utilizam o NDT é que o desempenho animal é inferior quando se utiliza NDT oriundo de forragem em comparação ao NDT oriundo de concentrados. Os valores de NDT de concentrados e forragens não são constantes, mas diferem quando utilizados para diferentes funções (manutenção, crescimento, leite, etc). Essas dificuldades não são facilmente corrigidas.

Diferenças no real valor nutricional de forragens e concentrados são parcialmente devido a maior produção de metano durante processo fermentativo da forragem (ARC, 1980). Outros fatores incluem a digestibilidade, a qual afeta o consumo, diferenças nos produtos de fermentação e eficiência de utilização dos nutrientes. Todos esses tendem a variar em função da densidade energética da dieta e geralmente refletem a digestibilidade ou metabolizabilidade. O ARC (1980) ajusta a energia metabolizável (EM) pelo nível de consumo e densidade energética da dieta.

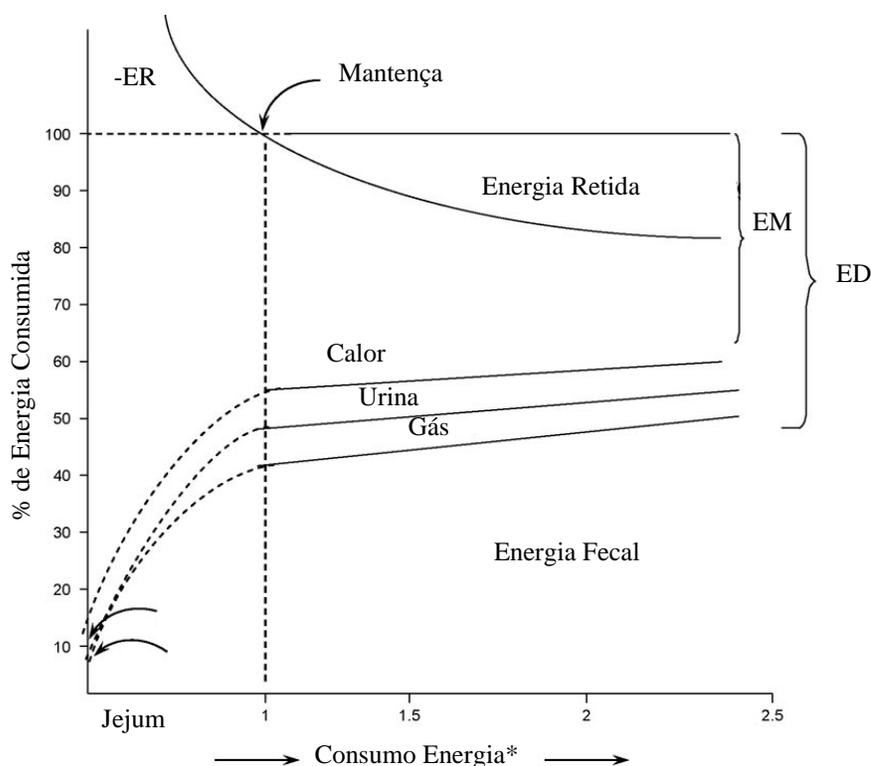


Figura 2. Representação esquemática da influencia do nível de consumo na partição da energia consumida em bovinos alimentados em dietas com forragem de moderada qualidade. *Consumo de energia como múltiplo da energia de manutenção. Adaptado de Ferrel e Oltjen (2008).

A EM é definida como a EB descontada a EF, a energia urinária (EU), e a energia dos gases (EG); ou $EM = ED - (EU + EG)$. A EM é uma estimativa da energia disponível para o animal e representa uma progressão de contabilidade para avaliar os valores de energia dos alimentos e as exigências dos animais. No entanto, a EM possui deficiências semelhantes a ED; e pela EU e EG serem preditas da ED, a EM e ED são fortemente correlacionadas. Além disso, a principal fonte de EG, o gás metano, é advinda da fermentação microbiana, o que também resulta na produção de calor. Este calor é útil para ajudar a manter a temperatura corporal em animais estressados pelo frio, mas é uma perda de energia não explicada pela EM (NRC, 1996).

A partição do calor produzido em termos metabólicos e fisiológicos é o aspecto mais difícil e controverso de todos os sistemas (Ferrell e Oltjen, 2008). Para dietas ricas em volumosos e misturas de forragens e grãos de cereais, a proporção de EM para ED é cerca de 0,8. Entretanto, pode variar consideravelmente (ARC, 1980) dependendo da ingestão, idade do animal e da fonte de alimentos. A definição de EM no balanço de energia indica que a EM só pode ser conseguida com a produção de calor (PC) ou energia retida (ER), isto é, $EM = PC + ER$. Tal como indicado por esta relação, um maior valor de EM é utilizado como uma unidade de referência e, como um ponto de partida para a maioria dos sistemas com base no conceito de energia líquida (EL) (NRC, 1996).

O valor da energia dos alimentos para propiciar retenção de energia é medida através da determinação da ER em duas ou mais quantidades de energia consumida (EC). A EL do alimento ou da dieta foi classicamente ilustrada pela equação: $EL = \Delta ER / \Delta EC$ (NRC, 2000). A determinação da EL por esse método assume que a relação entre ER e o consumo de alimentos é linear. Na verdade a relação é curvilínea e mostra um efeito de retorno menor (Garrett e Johnson, 1983). A relação é convencionalmente aproximada por duas linhas retas. A interseção dessas duas linhas é o ponto na qual $ER = 0$ e é definido como a manutenção (m). Inversamente, quando $ER = 0$; $EM = PC$. A relação entre consumo de alimento e perda de condição corporal (ER negativa) compreende uma posição da curva, e a relação entre ganho

de peso corporal (ER positiva) compreende um segundo ponto na curva. A produção de calor no consumo zero ou mesmo produção de calor em jejum (PC_j) é equivalente a exigência de EL para manutenção do animal. A $EL_m = PC_j/Im$; onde a Im é a quantidade de alimento consumido na $ER = 0$. Similarmente, o valor do alimento consumido para fornecer a retenção de energia representa a energia líquida de ganho (EL_g), e é determinada pela equação: $EL_g = ER/(I - Im)$; onde $(I - Im)$ representa a quantidade de alimento em excesso para requerimentos de manutenção.

Energia líquida no produto pode ser identificada como a proteína e gordura corporais, conceito, leite, pelo, etc. É notável que as maiores perdas de energia sejam sob as formas fecais e pelo calor, e que a ER constitui uma proporção relativamente pequena (geralmente menor do que 20% em bovinos de corte) da energia consumida (Ferrell e Oltjen, 2008).

2.3 – Manutenção e metabolismo basal

O metabolismo basal (MB) é considerado como a mínima produção de calor obtida com o animal em jejum, mantido em ambiente termoneutro com um mínimo de atividade (Lawrence e Fowler, 1997). É também denominado como metabolismo em jejum, metabolismo mínimo, metabolismo pós-absortivo ou taxa metabólica basal (Cannas et al., 2010).

A exigência de EL_m tem sido utilizada como sinônimo do MB (Webster, 1978; NRC, 1981). A princípio, a determinação da EL_m através da PC_j não seria apropriada, pois esta última representa as necessidades de ATP ao nível celular, somada ao calor produzido na formação de ATP pela mobilização das reservas corporais. Deste modo, a forma mais apropriada de se obter a energia líquida para manutenção seria através da relação $EL_m = MB * k_b$, (k_b representa a eficiência de conversão das reservas corporais para energia útil na forma de ATP). Devido ao fato do k_b possuir mínima variação, a energia necessária para o MB e a PC_j apresenta uma forte relação conceitual (Birkett e Lange, 2001).

A energia metabolizável para manutenção (EM_m) é definida como a taxa de produção de calor de um animal mantido em um ambiente termoneutro quando a taxa de consumo de energia metabolizável é exatamente o saldo da taxa de perda de calor (Lawrence e Fowler, 1997). Com isso, a PC correspondente a EM_m engloba a PC do animal alimentado, ou seja,

considera o incremento calórico (IC) como uma forma de PC, ao contrário da EL_m que é obtida com o animal em jejum, ou seja, sem contabilizar a PC procedente do IC.

Os principais contribuintes para PC em um animal alimentado podem estar relacionados ao processamento da dieta pelo animal. O trabalho realizado para mastigação do alimento, movimento do aparelho digestivo, calor de fermentação e o IC associado à transformação dos nutrientes, contribuindo para manter a temperatura corporal e outras atividades como o processo de circulação, respiração, locomoção e o custo energético para a renovação de tecidos (Lawrence e Fowler, 1997).

2.4 – Produção de calor e tamanho metabólico

A capacidade de consumo dos animais varia por diversos fatores, entre eles o peso vivo (PV). Normalmente, com o aumento do PV ocorre aumento do consumo diário de matéria seca, pois animais mais pesados apresentam maior capacidade do trato gastrintestinal e necessitam de maior quantidade de energia para manutenção (Brody, 1945). Entretanto, quando expresso em porcentagem do PV ou em g/kg de peso metabólico, o consumo reduz de forma linear conforme o aumento do PV, o que está relacionado ao fato de que animais de menor tamanho corporal apresentam maior superfície corporal relativa (superfície corporal/peso vivo). A fim de estabelecer uma relação entre produção de calor e superfície, várias fórmulas foram propostas para estimar a área de superfície a partir do PV. Através de análise de regressão para relacionar a taxa metabólica e PV, Kleiber (1972) estimou o valor do expoente como 0,75 ($PV^{0,75}$), que atualmente representa o "tamanho de corpo metabólico" ou unidade de tamanho metabólico (UTM),

3 – Exigências Nutricionais de Energia

3.1 – Conceitos de Energia para Manutenção e Metodologias

A exigência de energia para manutenção tem sido definida como a quantidade de energia consumida que vai resultar em nenhuma perda ou ganho líquido de energia a partir dos tecidos corporais do animal. Processos ou funções que compreendem as necessidades energéticas de manutenção incluem a regulação da temperatura corporal, processos metabólicos essenciais e atividade física. Manutenção da energia não significa

necessariamente manutenção da gordura corporal, proteína corporal ou peso corporal. Embora a manutenção possa ser considerada como uma condição teórica, é útil e conveniente considerar os requisitos de manutenção de energia separados das necessidades de energia para a "produção". A EM exigida para as funções de manutenção representa cerca de 70% do total requerido de EM de um bovino de corte adulto (Ferrell e Jenkins, 1987) e mais de 90% da energia necessária por touros reprodutores. A fração da EM consumida que o animal em crescimento utiliza para funções de manutenção é raramente inferior a 0,40.

Basicamente, três métodos são utilizados para mensurar a energia de manutenção (NRC 2000):

- Ensaios de alimentação à longo prazo para determinar a quantidade de nutrientes necessários para manter o peso corporal, ou, inversamente, determinar a manutenção do peso corporal após alimentação com quantidade de alimento pré-determinada, por um longo período de tempo.
- Método calorimétrico.
- Abates comparativos.

Na mensuração por ensaios de alimentação são utilizados um grande número de animais. Valores obtidos são correlacionados com a manutenção de adultos, não gestantes e não lactantes. Os sistemas de alimentação (ARC 1965, 1980; CSIRO 2007; AFRC 1993 e NRC 2001) são baseados em métodos calorimétricos.

A PC_j mensurada por calorimetria juntamente com a energia perdida na urina no mesmo período fornecem dados do metabolismo em jejum, e equipara a EL_m . As condições de alimentação são padronizadas, no qual os animais são alimentados por dieta específica por três semanas antes da mensuração. Os animais são adaptados à câmara e mantidos em condições termoneutras. As mensurações são feitas no terceiro ou quarto dia após a interrupção da alimentação. Os valores do metabolismo em jejum são ajustados em função do peso do animal em jejum e alimentado. Animais em jejum são menos ativos fisicamente do que alimentados, o ARC (1980) adicionou na atividade física 1,0 kcal/kg de PV. O CSIRO (2007) fez correções para raça, sexo, proporção de leite na dieta, consumo de energia, atividade de pastejo e estresse.

O sistema de energia líquida da Califórnia proposto por Lofgreen e Garrett (1968), adotado pelo NRC 2000, é baseado em abates comparativos. Em contraste com a calorimetria, no qual o consumo de EM e a PC são mensuradas e a ER determinada por diferença, o abate comparativo mensura a EM consumida e a ER e estima a PC.

A ER é determinada como a mudança no conteúdo de energia corporal dos animais alimentados em pelo menos dois níveis de consumo (um deles próximo da manutenção) durante um período de alimentação. A ER equivale a EL_g para um animal em crescimento. A curva da regressão da ER pelo consumo de EM fornece uma estimativa da eficiência de utilização da EM para retenção de energia para animais em crescimento equivalente a k_g . O consumo de EM na qual a ER é zero, fornece uma estimativa da exigência de EM para manutenção (EM_m). Por convenção, o intercepto do log da PC pelo consumo de EM é utilizado para calcular a PC em jejum (PC_j), no qual equivale a EL_m . A eficiência de utilização da EM_m (k_m) é calculada pela relação da EL_m pela EM_m . Essa aproximação possui uma vantagem sobre o método calorimétrico, pois estes experimentos são mais próximos dos sistemas de criação comerciais.

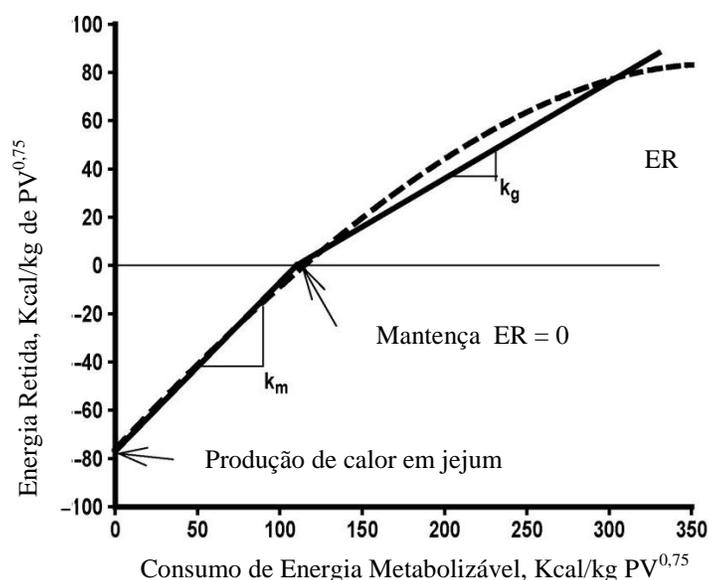


Figura 3. Representação da relação entre energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (EM). A linha tracejada mostra a relação curvilínea entre a ER e EM derivada à partir da relação entre o logaritmo da produção de calor e o consumo de EM (Garrett, 1980); a linha sólida mostra uma aproximação linear (NRC, 1981).

As exigências de EL_m para novilhas e machos castrados foram estimadas como $EL_m = 0,077 \text{ Mcal/PCVZ}^{0,75}$ (Lofgreen e Garrett 1968), adotadas pelo NRC 1996. Esta foi determinada utilizando novilhos e novilhas de origem Britânica e criados em condições “não estressantes”. Efeitos da atividade e do ambiente são implicitamente incorporados na EL_m neste sistema. Da mesma forma, as influências de aumento de alimento durante o período de alimentação, atividades alteradas, ou os efeitos ambientais diferentes das que estão em manutenção estão implicitamente incorporadas nas estimativas de EL_g . Sua aplicação em diferentes situações requer ajustes apropriados.

3.2 – Variações das Necessidades de Energia para Manutenção

Entre os diferentes sistemas de alimentação, o NRC e INRA utilizaram uma única unidade de EL para todas as funções (manutenção, lactação, gestação, etc), enquanto AFRC, CSIRO e CNCPS calculam as exigências de EL para cada função.

Tabela 1. Base de requisitos em exigências e correções para estimar a energia líquida de manutenção (EL_m) para vacas leiteiras em cinco sistemas nutricionais

	AFRC	CNCPS	CSIRO	INRA	NRC
EL_m (KJ/dia)	$530 \times (PV/1,08)^{0,67}$	$305,4 \times PCVZ^{0,75}$	$343 - 304 \times PV^{0,75}$	$293 \times PV^{0,75}$	$334,7 \times PV^{0,75}$
Correções					
Raça	não	sim	<i>Bos indicus</i> : 0,86	não	não
Sexo	sim	não	sim	não	não
Idade	não	não	1,0-0,84 (0-6 anos)	não	não
Atividade	sim	sim	sim	sim	sim
Nutrição Anterior	não	não	não	não	não
Estresse Frio	não	sim	sim	não	não
Temperatura	não	sim	sim	não	não
Umidade	não	sim	sim	não	não
Ventos	não	não	não	não	não
Chuva	não	não	sim	não	não
Lama	não	sim	não	não	não
Estresse Calor	não	sim	não	não	não
Escore Corporal	não	sim	não	não	não
Custo Ureia	não	sim	não	não	não
Produção	não	não	sim	não	não

PV=peso vivo; $PV^{0,75}$ =peso vivo metabólico; $PCVZ^{0,75}$ =peso de corpo vazio metabólico.

Gastos de energia de manutenção variam de acordo com o peso corporal, raça ou genótipo, sexo, idade, estação, temperatura, estado fisiológico e nutrição anterior. A PC_J ou EL_m está mais relacionada a uma potência fracionária de peso de corpo vazio (PCVZ) do que para PV (Brody, 1945), o mais adequado tem sido assunto de muito debate. O $PCVZ^{0.75}$, muitas vezes referido como peso de corpo metabólico, foi originalmente usado para conferir proporcionalidade em medições de PC_J feitas em espécies diferentes consideravelmente em peso adulto, conforme mencionado anteriormente. A convenção geralmente adotada é a utilização de $PCVZ^{0.75}$ para dimensionar os requisitos de energia para o peso corporal, embora outras funções possam ser mais apropriadas para aplicações específicas.

3.3 – Diferenças nas Exigências de Energia para Manutenção entre Raças

Blaxter e Wainman (1966) utilizando calorimetria, observaram que animais Ayrshire tiveram PC_J 20% maior ($kcal/PV^{0.75}$) do que novilhos Angus e 6% maior do que cruzamentos dessas raças. Garrett (1971; citado pelo NRC 2000) em abates comparativos indicou que novilhos Holandês necessitam de 23% mais alimento para manutenção do que novilhos Hereford. Ferrell e Jenkins (1985) encontraram EM_m 19% maior para Simental do que Hereford (126 vs 106 $kcal/PV^{0.75}$).

A maioria dos trabalhos observaram diferenças entre raças, e são úteis para documentar que há variação considerável nos requisitos de manutenção entre diferentes genomas. No entanto, devido à diversidade de raças, metodologias, condições, etc, comparações diretas entre os estudos são muitas vezes de pouca valia.

Para bovinos *Bos taurus indicus*, o NRC (2000) sugere que a exigência de EL_m seja 10% menor do que para os *Bos taurus taurus*, sendo que animais de dupla aptidão, aparentemente requerem 20% de energia a mais do que raças de corte, sendo os cruzamentos intermediários. Exigências de manutenção para cruzamentos entre raças britânicas e zebuínos são 5% inferiores do que raças britânicas puras (NRC 2000). Embora não tenha sido devidamente mensurado em animais da raça Nelore, é sugerido um incremento de 15% nas exigências de EM_m a cada múltiplo de energia metabolizável consumida acima do consumo necessário para a PC_J , ou seja, para cada múltiplo de consumo em relação às exigências de EL_m (Valadares Filho et al., 2010).

Em trabalho com animais zebuínos em crescimento, Boin e Moura (1977) verificaram exigência de energia inferior às recomendações do ARC e NRC. Os autores consideraram que essa menor exigência dos animais zebuínos, provavelmente seria em decorrência da menor demanda para a manutenção desses animais e/ou menor acumulação de tecido gorduroso por unidade de ganho.

Fontes et al. (2005) citam que parte das diferenças nas exigências entre diferentes raças se devem a variações nos tamanhos relativos dos órgãos e reciclagem de proteína. A menor exigência de energia líquida de manutenção para animais zebuínos pode ser atribuída à menor massa dos órgãos internos e menor reciclagem de proteína desses animais em relação às raças taurinas. A atividade metabólica celular é distinta entre os diferentes tecidos que compõem o corpo do animal. Embora representem apenas 8 a 14 % do peso animal, o trato gastrointestinal (TGI) e o fígado consomem aproximadamente metade da energia para manutenção (Seal e Reynolds, 1993), sendo considerados os tecidos de maior atividade metabólica, em função da alta taxa de *turnover* proteico e transporte iônico ativo. Segundo Caton e Dhuyvetter (1997) os tecidos viscerais e musculares consomem respectivamente, 50% e 23% da energia utilizada para manutenção, e tal diferença pode ser atribuída à maior taxa de *turnover* proteico dos órgãos viscerais em relação ao tecido muscular. O conjunto fígado-TGI foi responsável pela utilização de 36 a 54% do total do oxigênio consumido por bovinos lactantes ou em crescimento e realizaram entre 25 a 45 % da síntese proteica total. Desta forma, diferenças no tamanho (ou atividade) do fígado e do TGI entre raças bovinas podem resultar em alterações nas exigências nutricionais (Caton e Dhuyvetter, 1997).

Ferrell e Jenkins (1998) encontraram diferenças nas exigências líquidas de energia para manutenção entre novilhos cruzados filhos de touros *Bos taurus taurus* ou *Bos taurus indicus*. Neste mesmo estudo os autores identificaram efeito da raça do touro sobre o peso de órgãos e vísceras da sua progênie, onde os filhos de touros Tuli (*Bos taurus indicus*) apresentaram pesos do fígado e do TGI inferiores aos observados na progênie de touros Angus (*Bos taurus taurus*). Menezes et al. (2007) reportaram que o peso do fígado e do TGI expressos em porcentagem do PCVZ foram maiores em novilhos Charolês em relação aos Nelore. O NRC 2000 também relata sobre menores pesos do TGI em animais zebuínos em relação aos taurinos. O menor tamanho do TGI pode ser atribuído ao menor potencial de consumo das raças zebuínas em relação às taurinas, como observado por Ferrell e Jenkins (1998). Portanto,

em virtude da maior porcentagem de órgãos de alta atividade metabólica em relação ao peso de corpo vazio em taurinos, pode-se inferir que esses geram mais calor devido à atividade desses órgãos do que animais zebuínos.

A perda metabólica fecal é proveniente da incompleta reabsorção dos nutrientes perdidos pela descamação e pela secreção enzimática do TGI e pode ser alterada pelo tipo e quantidade de alimento ingerido, bem como pelo tamanho e atividade do TGI. Ezequiel (1987) estimou que as exigências de proteína metabolizável para manutenção de 1,72 e 4,28 g/kg PV^{0,75} para novilhos Nelore e Holandês respectivamente, o que sugere que a perda através da excreção de metabólitos endógenos em bovinos Nelore é inferior à de bovinos Holandês. A maior excreção endógena leva a uma maior perda líquida de aminoácidos. Como esses são amplamente catabolizados ou excretados pelas células intestinais, a reciclagem de aminoácidos deverá ser maior para que existam aminoácidos disponíveis para a síntese de proteínas do muco, do epitélio intestinal e do complexo enzimático envolvido na digestão, aumentando a PC associada à taxa de *turnover* proteico.

Silva et al. (2002) compilaram vários trabalhos e encontraram o valor médio para EL_m de 71,30 ± 12,69 kcal/PCVZ^{0,75} para animais Nelore, sendo esse valor 7,4% menor que as exigências de taurinos. Chizzotti et al., (2008) estimaram exigências de manutenção de 75 kcal/PCVZ^{0,75}/dia.

Tedeschi et al. (2002) não encontraram diferenças para tourinhos ou novilhos castrados para o preconizado para taurinos, com valores de 77,2 e 77,0 kcal/PCVZ^{0,75} respectivamente. Chizzotti et al. (2008) não encontraram diferenças entre bovinos Nelore e cruzamentos (Nelore x *Bos taurus taurus*). A raça paterna (*Bos taurus taurus*) apresenta menor influência na produção de calor (fator mitocondrial). Logo, a ausência deste efeito de raça em cruzados pode ser devido à semelhança mitocondrial destes com animais Nelores puros.

Segundo Vêras et al. (2000), em raças com aptidão leiteira, os maiores depósitos de gordura encontram-se nos componentes não-carcaça, enquanto nas raças de corte os depósitos periféricos são mais pronunciados. Esta característica de deposição de gordura é responsável, em parte, pela diferença das necessidades de energia para manutenção entre raças de corte e voltadas para produção de leite.

3.4 – Diferenças nas Exigências de Energia para Manutenção entre Sexos

Garrett (1980), em um estudo de abate comparativo envolvendo 341 novilhas e 708 novilhos, concluiu que a PC_J (ou EL_m) de novilhos e novilhas é semelhante. ARC (1980) e CSIRO (2007) similarmente concluíram que o metabolismo em jejum de machos castrados e novilhas foram semelhantes.

Ferrell e Jenkins (1985) estimaram a PC_J similar (kcal/ $PV^{0,75}$ /dia) para touros Hereford (70,4) e novilhas (69,3). A EM_m para touros e novilhas Hereford diferiram em apenas 2%. Partilhados com outras raças, a EM_m foi 12% maior para os machos inteiros do que para fêmeas (123 vs 110 kcal $EM/PV^{0,75}$ /dia). Webster et al. (1977) relataram que os touros Hereford e Holandês tinha valores de metabolismo basal cerca de 20% maior do que novilhos F1 das mesmas raças. Em um trabalho posterior (Webster et al., 1982), touros tiveram taxa de 13 a 15% maior de metabolismo basal em relação aos castrados. Geay et al. (1980) também sugeriram maior necessidade de manutenção de touros do que novilhas. O ARC (1980) citou que carneiros tiveram taxa 18% maior do metabolismo em jejum do que ovelhas e que os requisitos de manutenção de touros são 15% mais elevados do que a de novilhos ou novilhas do mesmo genótipo.

As diferenças citadas por Fontes et al. (2005) em relação aos tamanhos relativos de órgãos e *turnover* proteico, também são relativos ao sexo. Estes fatores são maiores em animais com maior massa muscular e em não-castrados em relação a machos castrados e fêmeas. A atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de energia de manutenção, por unidade de tamanho metabólico, em animais com maiores proporções de músculos ou de menor maturidade fisiológica.

Véras et al. (2000) encontraram valores de 82,79 kcal/ $PCVZ^{0,75}$ /dia na exigência de EL_m para zebuínos inteiros. Segundo o NRC (1996), a exigência de EL_m é 15% maior em animais inteiros.

Na tabela 2 nos são apresentados, valores de PC, CEM e exigências de EL e EM para manutenção, em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais segundo Valadares Filho et al. (2010) através de uma compilação de trabalhos brasileiros.

Tabela 2. Regressões da produção de calor (PC, Kcal/PCVZ^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (CEM, Kcal/PCVZ^{0,75}) e estimativa das exigências de energia líquida (EL_m) e energia metabolizável (EM_m) para manutenção (m), expressas em Kcal/PCVZ^{0,75}, de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais

Classe Sexual	Intercepto	Inclinação	r ²	EPE	EL _m	EM _m	K _m
Machos inteiros	1,8992	0,0015	0,8515	0,035	79,28	120,0	0,66
Machos castrados	1,8861	0,0016	0,8274	0,038	76,93	119,5	0,64
Fêmeas	1,8912	0,0016	0,8788	0,027	77,84	122,2	0,64
Conjunto	1,8949	0,0016	0,8512	0,035	78,50	123,9	0,63

EPE=erro padrão da estimativa; $k_m=EL_m/EM_m$; PCVZ^{0,75}=peso de corpo vazio metabólico. Fonte: Adaptado de Valadares Filho et al. (2010).

Os autores não observaram diferenças nas exigências de energia para manutenção entre machos castrados e fêmeas. O NRC (2000) também sugere não haver diferenças entre animais castrados e fêmeas, assim como o ARC (1980), porém, sugere que animais inteiros teriam necessidade de EL_m entre 9 e 20% superior às outras classes.

3.5 – Efeito da Idade sobre as Exigências de Energia para Manutenção

O conceito de que os requisitos de manutenção diminuem com a elevação da idade em bovinos e ovinos tem sido geralmente aceitos. A equação adotada pelo NRC (2000) informa que a manutenção diminui exponencialmente e está relacionada com a idade, a qual indica diminuição de 8% por ano. A equação generalizada para ovinos e bovinos adotada pelo CSIRO (2007) indicou que a manutenção diminui 3% ao ano. O CSIRO (2007) relatou um mínimo de 84% dos valores iniciais a serem atingidos a cerca de 6 anos. Young et al. (1989) observaram que a taxa metabólica se desviou substancialmente das relações alométricas. Desvios foram maiores durante os períodos de maior taxa de crescimento relativo. Eles sugeriram ainda que os desvios significativos também podem ocorrer em associação com outras funções produtivas.

O NRC (2000) destacou pouca influência da idade (15 a 81 semanas), que não seja associado com o peso, sobre a manutenção de novilhos. Para nosso conhecimento, comparações diretas de fêmeas maduras produtivas para os animais mais jovens não se reproduzem ou não estão disponíveis.

3.6 – Efeito da Estação do Ano sobre as Exigências de Energia para Manutenção

Geralmente são associados com efeitos de temperatura. O NRC (2001) cita alguns trabalhos onde as necessidades de energia para manutenção aumentaram durante a primavera e verão e diminuíram durante o outono e inverno. Também relatou o efeito sazonal devido ao fotoperíodo.

3.7 – Efeito da Temperatura sobre as Exigências de Energia para Manutenção

A PC em bovinos eleva-se a partir do metabolismo tecidual e da fermentação digestiva. Animais dissipam seu calor por evaporação, radiação, convecção e condução. A produção e dissipação do calor são reguladas para manter a temperatura corporal constante. Dentro da zona de termoneutralidade, o calor produzido é independente da temperatura e é determinado pelo consumo e eficiência do uso energético. Quando a temperatura eleva-se acima da zona de termoneutralidade, a produção diminui, devido ao menor consumo. Deste modo, a maior temperatura corporal resulta em aumento do metabolismo tecidual e aumenta o “trabalho” para dissipação do calor (elevação das taxas circulatória e respiratória), conseqüentemente, a exigência de manutenção aumenta. Quando a temperatura está abaixo da zona de termoneutralidade, a produção de calor do metabolismo e da digestão é insuficiente para manter a temperatura corporal. Conseqüentemente, o calor metabólico deve aumentar e com isso também os requerimentos de manutenção. A PC em condições termoneutras pode diferir substancialmente em função do consumo, estágio fisiológico, sexo e atividade (NRC. 2000)

Topografia, inclinação do terreno, ventos, sombras, umidade, etc, interferem com a aclimatização. Adaptações fisiológicas incluem mudanças no metabolismo basal, taxa respiratória, distribuição da circulação para pele e pulmão, consumo de água e alimento, taxa de passagem da digesta, alteração de pelos e composição corporal. Mudanças fisiológicas associadas com mudanças agudas na temperatura incluem calafrios e suor, mudanças no consumo de água e matéria seca, taxa respiratória e cardíaca e atividade. Os animais diferem grandemente em sua resposta comportamental e sua habilidade de adaptação fisiológica ao ambiente. Diferenças genéticas são evidentes neste parâmetro (NRC, 2000).

Em decorrência da importância adaptacional, o NRC conclui que o requerimento de EL_m é influenciado pela temperatura ambiental ($T; ^\circ C$), onde: $EL_m = (0,0007 \times (20 - T)) + 0,077$

Mcal/PV^{0,75}. Esta equação indica que a EL_m de bovinos é alterada em 0,0007 Mcal/PV^{0,75} para cada grau de alteração na temperatura ambiente à partir de 20°C. As correções de temperatura são efeitos do fotoperíodo. Estresse por calor ou frio ocorrem quando a temperatura ambiente é superior aos limites mínimos e máximos, que estão em função de quanto de calor o animal produz e quanto calor é perdido para o ambiente. A PC pode ser calculada: PC = CEM – ER; ou PC = EL_m/k_m + (ER(1 – k_g)) (Fonte: NRC, 2000; onde PC = produção de calor; CEM = consumo de energia metabolizável; ER = energia retida; EL_m = energia líquida de manutenção; k_m = eficiência energética para manutenção; k_g = eficiência energética para ganho).

- Estresse por Calor:

Se a temperatura ambiente e a radiação térmica são superiores à temperatura da superfície da pele, o animal não pode perder sensivelmente calor por condução, convecção e radiação, ocorrendo ganho de calor por essas vias. A perda por evaporação de calor ocorre a partir da pele (cutâneo) ou através da respiração. A eficácia de perda de calor por evaporação diminui à medida que a umidade relativa do ar (UR) aumenta e é totalmente ineficaz quando UR = 100. Os animais podem armazenar um pouco de calor em seus corpos durante o dia e dissipar o calor armazenado durante períodos diurnos ou à noite (NRC, 2000).

É geralmente aceito que os ajustes nas exigências de energia para manutenção sob o estresse por calor deve ser baseada na intensidade, no entanto, pode variar consideravelmente entre animais, dependendo do comportamento, aclimatação, a dieta, o nível de produtividade, a carga de calor radiante, ou genótipo. O tipo e a intensidade da respiração pelo animal pode fornecer um índice para o ajuste apropriado em seu requerimento de manutenção, de um aumento da necessidade de 7% quando há respiração superficial rápida e 11 a 25% quando de maior profundidade (NRC, 1981). Com calor elevado, o consumo é reduzido, conseqüentemente, a produção de calor metabólico e produtividade são reduzidas.

A maior tolerância de bovinos zebuínos ao estresse calórico em relação aos taurinos pode ser atribuída a fatores morfológicos como maior superfície corporal devido às dobras da pele, pelo curto, que facilita a perda de calor corporal, e de coloração clara, que favorece a reflexão da radiação solar; pele escura que diminui danos causados pela radiação ultravioleta e intensa sudorese em decorrência do maior número, tamanho e atividade das glândulas sudoríparas em

relação a bovinos *Bos taurus taurus*. Além disso, a adaptação de zebuínos ao ambiente tropical pode ser atribuída a adaptações fisiológicas, como uma menor geração de calor interno (metabólico) em relação aos taurinos, tornando os bovinos de origem Indiana mais eficientes no uso da energia despendida com a regulação térmica (Chizzotti et al., 2008).

A insolação tecidual (IT, °C/Mcal/m²/dia) é primariamente em função da gordura subcutânea e a espessura da pele. Valores típicos são de 2,5 para recém-nascidos, 6,5 para bovinos com um mês de idade, 5,5 – 8,0 para animais de até um ano de idade e 6,0 – 12,0 para animais adultos. A insolação externa (IE) está relacionada com a camada de pelos, influenciada pelos ventos, chuvas, umidade e espessura da pele (NRC, 2000).

3.8 – Efeitos do Estádio Fisiológico sobre as Exigências de Energia para Manutenção

A PC aumenta durante a gestação (Brody, 1945). Apesar de evidências indiretas (não tem sido diretamente avaliado através de abates comparativos), é aceito que as necessidades energéticas de manutenção aumentem durante gestação, atribuído ao processo fisiológico. No processo fisiológico da lactação, Moe et al. (1970) estimaram que a EM_m foi 22% maior em vacas lactantes do que não lactantes. Ferrell e Jenkins (1987) sugerem uma diferença de 10 a 20%.

3.9 – Efeitos da Atividade Física sobre as Exigências de Energia para Manutenção

Poucos dados sobre a eficiência do uso da EM_m para trabalho muscular estão disponíveis. Ainda é debatida se a atividade é em função de manutenção ou produção. Animais em pastagem gastam muito mais energia em atividade do que animais confinados. O CSIRO (2007) estima que as exigências de energia para manutenção em animais em pastejo, comparados com confinados, pode ser 10 a 20% maior em pastagens adequadas e 50% maior em situações extensivas. O CSIRO (2007) fornece uma equação para calcular a exigência de atividade.

EL_{ma} (Mcal/dia) = $[(0,006 \times CMS(0,9 - D)) + (0,05T/(FV + 3))] \times PV/4,184$ (CSIRO, 2007; sendo EL_{ma} =energia líquida para atividade; D=digestibilidade da matéria seca; T=topografia do terreno (plano=1,01; ondulado=1,5; montanhoso=2,0); FV=disponibilidade de forragem verde (tonelada/ha); PV=peso vivo em kg.

3.10 – Efeito do Ganho de Peso Compensatório sobre as Exigências de Energia para Manutenção

O processo de ganho de peso compensatório é descrito como um período de rápida ou maior taxa de eficiência de ganho seguido de um período de estresse nutricional ou ambiental. A resposta à nutrição anterior deficiente é altamente variável. Alguns dados mostram que no mesmo PV, a gordura corporal é diminuída, ou não ocorre mudança ou aumenta, após período de realimentação. Diferenças entre raças, categorias animais, maturação, severidade e duração da restrição e regime nutricional, são variáveis, o que contribuem para as diferenças.

O principal componente do ganho compensatório dos animais submetidos à elevada disponibilidade de alimentos pós-período de restrição é o aumento do consumo. Esta resposta irá causar aumento da capacidade intestinal e do peso vivo, e, também, maior eficiência de utilização da energia. O NRC (1996) comenta que a PC_j diminui em resposta ao menor consumo. Semelhantemente, o requerimento de manutenção é diminuído. Algumas bases fisiológicas incluem alterações da taxa de MB, com alterações em tamanho e taxas metabólicas de órgãos viscerais. É relatado que o ganho de peso do animal é substancialmente atribuído ao crescimento e ao aumento do trato TGI e órgãos internos (Caton e Dhuyvetter, 1997). A redução nas exigências de manutenção após um período de restrição alimentar tem sido variável a uma taxa de 10 a 50%. Poucas informações definitivas sobre a duração da reduzida manutenção ou do período de tempo em que exhibe o ganho compensatório estão disponíveis, principalmente pelo genótipo dos animais e histórico, dificultando generalizações. Redução na manutenção em 20% tem sido preconizada.

3.11 – Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Manutenção (k_m)

A PC_j é definida como a EL_m . Porém, por o animal estar em jejum, a sua utilização direta na formulação de dietas não é possível, tendo em vista que os animais em produção não estão em jejum, devendo esta ser convertida em EM_m . Para isso é necessário o conhecimento da k_m . Segundo o CSIRO (2007), fatores como sexo, raça, idade e ambiente afetam a k_m (EL_m/EM_m). Porém, esta tem sido estimada somente a partir da concentração de EM da dieta (AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007). Marcondes et al. (2010) não evidenciaram relação entre a k_m e a concentração de EM na dieta, porém observaram que a eficiência de utilização

da energia metabolizável para ganho de peso (k_g) e o GPCVZ afetaram a k_m , o que sugere que os requisitos de manutenção são afetados pelo desempenho dos animais. O grupo genético afetou os parâmetros de regressão, já a classe sexual não afetou a k_m . Garret (1980) sugeriu que a composição corporal e o plano nutricional afetaram a k_m . O autor explica que o *turnover* proteico pode ser responsável por parte da variação do k_m , e dessa forma, os grupos raciais teriam diferenças em seu *turnover* proteico. Lobley et al. (2000) mostraram que animais com menor *turnover* proteico possuem menor maciez de carne, portanto, um menor gasto energético com *turnover* proteico, indicando que *Bos taurus indicus* possuem menor maciez de carne comparado à *Bos taurus taurus*. Um dos grandes desafios para os modelos de exigências nutricionais é determinar os fatores que afetam a k_m e as exigências de EM_m , sendo que a PC é afetada pela taxa e pela composição do ganho de peso (Willians e Jenkins, 2003).

4 – Exigências de Energia para Ganho de Peso

Backes et al. (2005) encontraram que, na fase de recria, animais zebu comparados com mestiços apresentaram maior conteúdo de gordura por kg de ganho, indicando deposição precoce de gordura nos zebuínos, fato que contribuiu diretamente para o aumento numérico das exigências energéticas dos animais desse grupo racial, pois as exigências de energia são dependentes da proporção de gordura no ganho. Assim, infere-se que os animais zebuínos possuem maturidade fisiológica mais precoce que os mestiços. Lana et al. (1992), trabalhando com zebu e mestiços, também chegaram à conclusão de que os animais zebu apresentam maturidade fisiológica mais precoce que os mestiços. O local de deposição das reservas de gordura é um fator que possui substancial impacto sobre as exigências de energia.

A EL_g é definida como o teor de energia do tecido depositado, que é função da proporção de gordura e proteína no ganho (Garrett et al, 1959;). Gordura contém 9,367 kcal/g e a matéria orgânica não lipídica contém uma média de 5,686 kcal/g). O NRC (2000) resume os dados de novilhos de raças britânicas de corte desde o nascimento até à maturidade e relatou que 95,6 a 98,9% da variação dos componentes químicos e do teor de energia no corpo vazio foi associada com a variação de peso (Figura 4).

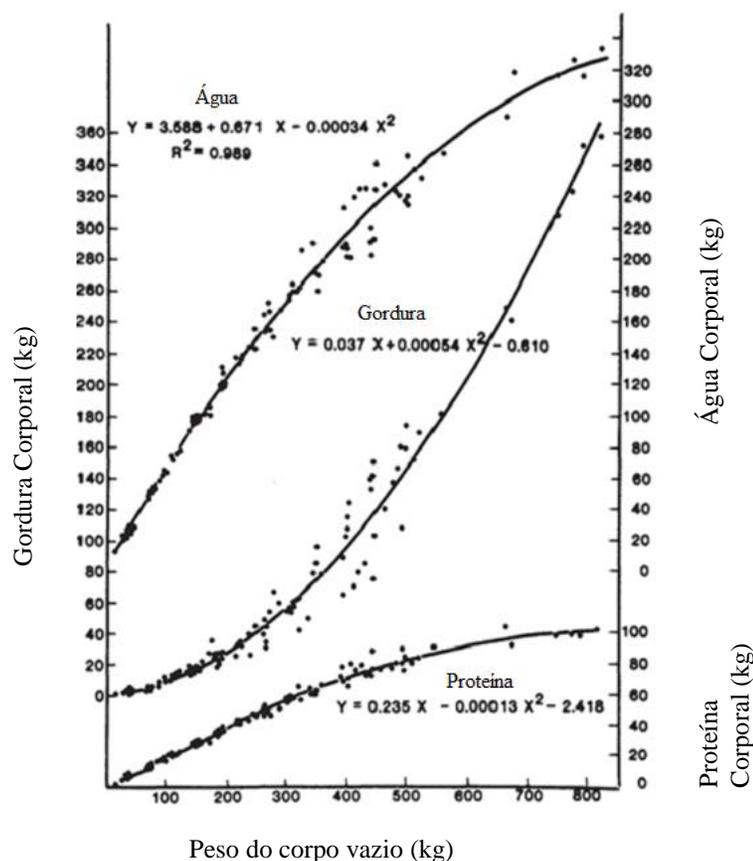


Figura 4. Fonte: Adaptado do NRC (2000). Relação entre peso de corpo vazio, gordura corporal e concentração de água e proteína no corpo de machos castrados de raças Britânicas.

A equação desenvolvida do NRC (2000), com dados de 3.500 animais sobre diferentes dietas, comparados pela técnica de abate comparativo, descreve as relações entre ER e ganho de peso no corpo vazio (GPCVZ) para um dado PCVZ: $ER = 0,0635 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$; sendo a composição do ganho: Proporção de Gordura = $0,122 \times ER - 0,146$; Proporção de Proteína = $0,248 - 0,0264 \times ER$.

Para avaliar a EL_g necessária para PCVZ, GPCVZ e PV em jejum (PV_j), foram desenvolvidas equações: $PCVZ = 0,88 \times PV_j + 14,6 \times EL_m - 22,9$; $GPCVZ = 0,93 \times GPV_j + 0,174 \times EL_m - 0,28$. Essas equações foram adaptadas para predição do GPCVZ e do GPV_j : $GPCVZ = 12,341 \times PCVZ - 0,6835 \times ER^{0,9116}$; $GPV_j = 13,91 \times ER^{0,9116} \times PV_j - 0,6837$

O peso em que os animais alcançam a mesma constituição química é distinto dependendo do tamanho adulto e sexo, daí a composição é diferente sobre um mesmo peso.

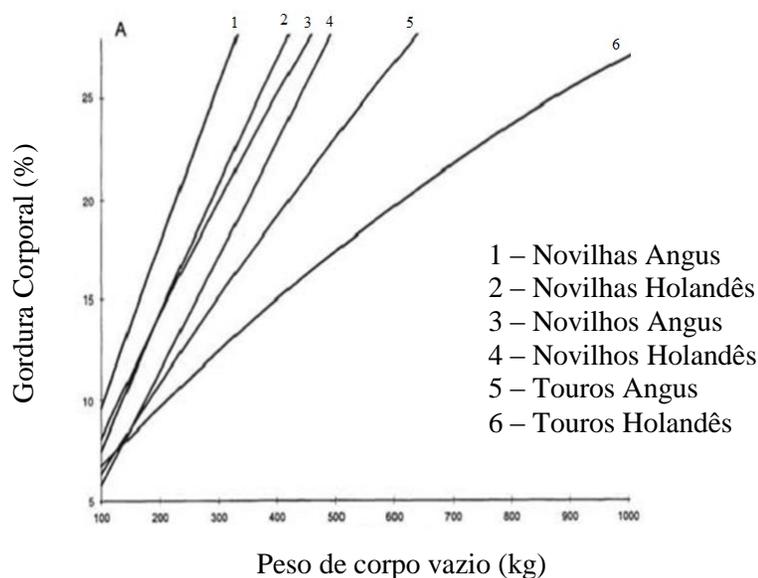


Figura 5. Relação entre o peso de corpo vazio (PCVZ) e a % de gordura corporal nas diferentes raças. Fonte: Adaptado do NRC (2000).

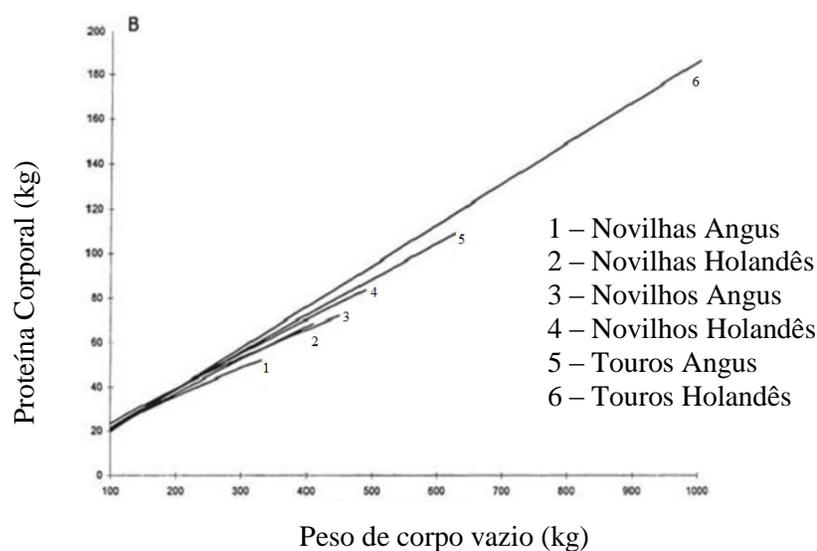


Figura 6. Relação entre o peso de corpo vazio e a proteína corporal nas diferentes raças. O final de cada linha corresponde ao nível de 28% de gordura. Fonte: Adaptado do NRC (2000).

O sistema desenvolvido para avaliar as exigências de energia para bovinos em crescimento assume que eles têm uma composição corporal semelhante para o mesmo grau de maturidade. A equação ($ER = 0,0635 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$) é utilizada como padrão para calcular o teor de energia do ganho em várias fases de crescimento e as taxas de ganho para todos os tipos de bovinos. Isto é conseguido através do ajuste dos pesos corporais dos animais, dos

diferentes tamanhos de corpo e sexo com um peso em que são equivalentes em composição corporal (Garrett 1980): $PV_{Jeq} = PV_j \times (PPR/PV_j \text{ final})$; onde PV_{Jeq} =peso vivo equivalente em jejum; PV_j =peso vivo em jejum; PPR=peso padrão referência.

Nos trabalhos brasileiros (citados por Aferrri 2007) há relatos de que as necessidades de energia para ganho em animais de 300 kg PV e ganho de peso de 1 kg/dia seriam de 3,51 a 5,74 Mcal/GPCVZ, sendo a recomendação do NRC (1996) de 4,00 Mcal/GPCVZ. Para animais de 400 kg PV, a variação foi de 3,92 a 9,02 Mcal/kg GPCVZ, enquanto o NRC (1996) sugere 4,96 Mcal/kg GPCVZ. Para o peso de 200 kg, Boin (1995) encontrou valores de 3,03 Mcal/kg GPCVZ, diferentemente de Putrino et al. (2006), cujo valor foi de 2,59 Mcal/kg GPCVZ.

Em trabalho com bovinos Nelore puros e cruzados, Freitas et al. (2006) observaram que os dois grupos utilizaram a energia para a manutenção e crescimento com a mesma eficiência. Ainda, a redução nas exigências de EM_g por unidade de peso de corpo vazio, em função do peso corporal, indica maior eficiência de utilização da EM com a elevação do peso. Juntamente com a exigência de energia, devem ser consideradas as necessidades de proteína para manutenção e crescimento. Segundo o NRC (1996), a relação entre energia e proteína pode ser expressa pela proporção entre energia da dieta e produção de proteína bruta microbiana, sendo a eficiência de síntese de proteína bruta microbiana estimada em 13% do NDT presente na dieta. Dessa forma, a necessidade de proteína é estabelecida em função da concentração de energia e do consequente ganho de peso.

Valadares Filho et al. (2010) não observaram efeito do grupo genético ou sexo ($P>0,05$) sobre a relação entre PCVZ e PV_j , ambos expressos em kg, como pode ser demonstrado pelas respectivas equações descritas: Confinamento: $PCVZ = 0,895 \times PV_j$; Pasto: $PCVZ = 0,863 \times PV_j$. Ocorreu maior rendimento de corpo vazio em animais terminados em confinamento, devido provavelmente ao efeito de maior enchimento do trato digestivo em animais a pasto. Valadares Filho et al. (2010) e o NRC (2000) apresentaram valores fixos para a relação $PV_j/PCVZ$ de 0,896 e 0,891, respectivamente. Entretanto, o NRC (2000) reporta que essa relação poderia variar de 85 a 95%. Chizzotti et al. (2008) relatam uma relação $PV_j/PCVZ$ de acordo com a equação: $PCVZ = -15,6 + 0,928 \times PV_j$.

A relação ganho médio diário (GMD) e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi afetada pelo grupo genético ($P = 0,0003$) em confinamento (Valadares Filho et al., 2010), logo:

Confinamento	Nelore	$GPCVZ = 0,936 \times GMD$
	Cruzados	$GPCVZ = 0,966 \times GMD$
Pasto		$GPCVZ = 0,955 \times GMD$

Animais cruzados apresentam maior GPCVZ em relação a animais Nelore. Valadares Filho et al. (2010), sugerem valor de 0,933 para Nelore e o NRC (2000), o valor de 0,951 para animais taurinos. Chizzotti et al. (2008), avaliando puros e cruzados, sugerem valor de 0,961 como valor médio.

A composição do ganho do corpo vazio é a principal determinante das exigências de energia para ganho. O que determina a composição do ganho de corpo vazio é o peso relativo ao peso à maturidade.

O NRC (2000) estima as exigências de EL_g à partir do peso de corpo vazio equivalente ($PCVZ_{eq}$) e do GPCVZ, sendo $ER = 0,0635 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$, considerando como base um novilho castrado, 478 kg e 28% de gordura corporal. Ainda, recomenda-se aplicar o fator de 18% a mais em fêmeas e 18% a menos em machos inteiros, para se obter as exigências de EL_g . Chizzotti et al. (2008) recomendam ($EL_g = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,070}$), onde “a” equivale a 0,0514 para machos inteiros; 0,0700 para machos castrados e 0,0771 para fêmeas.

O efeito da raça sobre as exigências de energia para ganho pode ser atribuído aos diferentes pesos adultos e precocidade de deposição de gordura das diferentes raças. Os diferentes pesos à maturidade das raças determinarão diferentes graus de maturidade de animais com mesmo peso absoluto. Dessa forma, para animais de mesmo peso absoluto e à mesma taxa de ganho em peso, são esperadas maiores concentrações energéticas no ganho de animais de raças de maturidade mais tardias.

Avaliando as equações, as exigências para ganho de zebuínos puros e cruzados são um pouco inferiores às de taurinos puros, devido ao menor teor de gordura na carcaça e menor teor de gordura no GPCVZ.

4.1 – Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Ganho de Peso (k_g)

Para converter as exigências de EL em exigências de EM para ganho de peso, é necessário conhecer a eficiência de utilização da EM para ganho de peso, o k_g . O k_g pode ser estimado como o coeficiente de inclinação da regressão da ER em função do CEM para ganho, entretanto, observa-se alta variação dos valores de k_g entre experimentos. Valadares Filho et al. (2010) determinaram valores para k_g de 0,35 (dieta de baixa energia) e 0,47 (dieta de elevada energia).

O acúmulo de energia no corpo vazio ocorre através da deposição de proteína e gordura. A eficiência de deposição de energia na forma de gordura é superior à de proteína (Owens et al., 1995). Dessa forma, a eficiência com que a energia é retida no corpo depende das proporções de energia retidas na forma de proteína e de gordura, e, como essas proporções são variáveis, k_g pode não ser constante. Assim, a estimativa de k_g deve ser baseada na composição do ganho.

A gordura é a principal forma de reserva energética animal e apresenta o valor calórico de 9,367 kcal/g, enquanto a proteína apresenta 5,686 kcal/g (Garrett et al., 1959). Logo, quanto maior a porcentagem de proteína no ganho, menor será a concentração energética e vice-versa, permitindo a estimativa da porcentagem da energia retida na forma de proteína (%ER_p) em função da concentração de energia no GPCVZ (ER_c, Mcal/kg PCVZ). Tedeschi et al. (2004) propuseram a equação: $k_g = (k_{gord} \times k_{prot}) / [k_{prot} + (\%ER_p/100) \times (k_{gord} - k_{prot})]$.

Alguns estudos anteriores indicavam que mudanças no perfil de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen poderiam impactar no k_m e k_g (Blaxter e Wainman, 1966). Animais em crescimento, com balanço energético positivo (ER>0), o ácido acético foi pobremente utilizado quando comparado ao propiônico e butírico. Posteriormente, as análises mostraram, em situações em que o percentual de feno e milho floculado variaram de 0 a 100%, indicaram que o k_g foi negativamente correlacionado com a concentração molar de ácido acético no fluido ruminal (Blaxter e Wainman, 1966). As eficiências de utilização dos ácidos acético, propiônico e butírico, quando infundidos individualmente no rúmen de ovelhas em jejum, foram de 32,9, 56,3 e 61,9%, respectivamente. Dietas que fornecem elevadas quantidades de

propionato e lactato foram utilizadas mais eficientemente para deposição de gordura do que outras proporções destes (NRC 2000).

Reid et al. (1980) indicaram que a relação de glicose com o acetato poderia explicar melhor os diferentes valores de k_g do que a relação acetato:propionato. O NRC (2000) calcula o k_g baseado no trabalho de Garrett (1980), no qual utiliza a concentração de EM da dieta. O ARC (1980), AFRC (1993) e CSIRO (2007) utilizam a metabolizabilidade do alimento na dieta ($qm = EM/Energia\ Dieta$) para calcular o k_g . Nesses sistemas, o uso da informação da dieta para calcular o k_g , os valores obtidos são diferentes. Nos sistemas ARC (1980), AFRC (1993) e CSIRO (2007), com o aumento na digestibilidade, a EL_g aumenta curvilinearmente com a elevação da EM. Estes sistemas são alicerçados na respirometria, a qual tende a superestimar a ER (e o k_g). Em contraste, conforme Garrett (1980), a EL_g aumenta a uma taxa cada vez menor e se torna negativa com valores de ED menores do que 0,4.

5 – Comportamento Ingestivo

Conhecer o comportamento ingestivo dos animais de produção possibilita ajustar o manejo alimentar para obtenção de melhores taxas de desempenho, sendo que as avaliações envolvendo comportamento ingestivo são cada vez mais frequentes em ensaios experimentais (Carvalho et al., 2004).

Albright (1993) enfatizou a importância do comportamento ingestivo no sistema de produção animal, relatando que além de contribuir com as práticas de manejo e dimensionamento das instalações, qualidade e quantidade da dieta, poderá ainda ser aplicado para elucidar os problemas decorrentes da diminuição de consumo em épocas críticas para a produção.

Estimativas confiáveis de variáveis comportamentais dependem da escolha acertada de um intervalo entre observações que não comprometa os resultados a serem obtidos (Queiroz et al., 2001). Teoricamente, quanto menor o intervalo entre observações, menor o risco de mudança comportamental por parte do animal, sem ser observado, tornando os resultados mais precisos. Estudos envolvendo a avaliação de comportamento ingestivo são laboriosos, pois requerem o acompanhamento constante das atividades dos animais por períodos contínuos de 24 horas. Quando o número de animais é grande e/ou número de observadores não é elevado, intervalos entre observações superiores a 5 minutos, mas que promovam

resultados confiáveis, podem aumentar a praticidade do sistema de avaliação e diminuir o trabalho envolvido neste tipo de experimentação. Moraes et al. (2006) recomendam intervalos entre avaliações de 5 a 10 minutos. Entretanto, verifica-se que a escolha desses intervalos tem sido realizada de forma arbitrária, o que pode comprometer significativamente as estimativas comportamentais e comparações entre experimentos. Geralmente são avaliados tempos de ingestão e ruminação, que posteriormente somados, resultam na atividade de mastigação, e tempo despendido em ócio.

As propriedades físicas e químicas da dieta influenciam o tempo gasto pelo animal na atividade de alimentação e ruminação, sendo proporcional ao teor de parede celular dos volumosos (Van Soest, 1994). De acordo com este autor, a atividade de mastigação está associada à taxa de secreção salivar, à solubilização de componentes e a quebra de partículas, os quais contribuem para a colonização das partículas pelos microrganismos ruminais, influenciando a taxa de passagem, o tempo de retenção e a digestibilidade dos alimentos. Dado e Allen (1995) enfatizam que o número de períodos em que se observa a ruminação eleva-se com o aumento do teor de fibra, refletindo a necessidade de processar a digesta ruminal, a fim de maximizar a eficiência digestiva. O tamanho de partícula constitui fator que exerce grande influência nos tempos despendidos nas atividades, principalmente as de ruminação e mastigação, as quais são potencializadas para manter a eficiência na redução das partículas dos alimentos (Van Soest, 1994). De acordo com Thiago et al. (1992), cada um dos processos comportamentais digestivos é resultado de uma complexa interação entre metabolismo do animal e propriedades físicas e químicas da dieta, sendo determinantes da eficiência da utilização do alimento pelo animal. Os animais podem por exemplo, incrementar o número de refeições e o número de períodos de ruminação (número/dia) para compensar a menor taxa de digestão em alimentos com elevada fração fibrosa de baixa digestibilidade.

Segundo Cosgrove (1997), os ruminantes ao ingerirem, mastigam o alimento superficialmente, sendo este transportado até o rúmen. Após algum tempo, o alimento retorna a boca para a ruminação que reduz o tamanho das partículas, favorecendo desta forma, a degradação e digestão destes, melhorando a absorção dos nutrientes. O tempo total de ruminação pode variar de quatro até nove horas, sendo dividido em períodos de poucos minutos a mais de uma hora. A atividade de ruminação pode ocorrer com o animal em pé ou

deitado, sendo que esta última posição demonstra uma condição de conforto e bem estar animal. O tempo em que o animal não está ingerindo alimento, água e ruminando é considerado ócio. Esse tempo pode variar com as estações do ano, sendo maior durante os meses mais quentes.

São vários os fatores relacionados ao comportamento ingestivo do animal, que incluem idade, sexo, peso vivo, fase de lactação e condições corporais (Thiago et al., 1992). Os fatores relativos à planta, os quais incluem a composição química e a estrutura anatômica, determinam a palatabilidade, e aceitabilidade da forragem. Além do mais, fatores ambientais e comportamentais influenciam o consumo. Os fatores que influenciam o consumo voluntário são muitos e seu estudo envolve conhecimentos multidisciplinares (Forbes, 1995).

Por outro lado, pelo fato dos bovinos serem animais que vivem em grupos, quando eles se alimentam, dois tipos de influência social operam: facilitação social e comportamento agonista. Outro fator que merece ser destacado é o estresse, pois seja ele provocado por fatores genéticos, sociais ou ambientais, influenciará o comportamento de alimentação e dependendo da sua duração pode provocar diminuição no consumo e conseqüentemente no desempenho dos animais (Forbes, 1995).

6 – Produção de Metano

O crescimento da população mundial, em conjunto com o crescimento do poder aquisitivo dos países emergentes, exerce grande pressão pelo aumento da produção de alimentos. Porém, a busca pelo aumento de produção, seja através da produtividade ou da expansão das áreas produtivas, muitas vezes leva a reflexos negativos ao ambiente. As interações entre os fatores de produção e o impacto ambiental causado pelas diversas atividades têm sido, cada vez mais, os objetivos de pesquisas relacionadas com as mudanças climáticas mundiais. De acordo com Armstrong (2009), a demanda mundial por alimentos deve aumentar em 100,0% até 2050, sendo que 20,0% desse aumento da demanda será suprida pela expansão da fronteira agrícola, 10,0% do aumento do número de safras, e os 70,0% restantes, devem ser provenientes de uma maior eficiência pelo uso de tecnologias.

No atual momento, grande atenção se dá ao aumento da temperatura global ligado principalmente ao Efeito Estufa. Os principais gases responsáveis por este fenômeno são o

dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFC) e os perfluorcarbonos (PFC). A emissão de CO_2 é, em grande parte, produto da utilização e queima de combustíveis fósseis e renováveis. O CH_4 é proveniente da fermentação da matéria orgânica em ambientes alagados, fermentação entérica e do tratamento anaeróbico de resíduos animais. Já o N_2O é produzido a partir do uso de fertilizantes agrícolas, da fixação biológica do nitrogênio e mineralização da matéria mineral (Sauerbeck, 2001).

Moss (2000) relata que o gás que mais se correlaciona com o efeito estufa é o CO_2 . No entanto, mesmo sendo liberado em menor quantidade na atmosfera, o impacto de uma molécula de metano é 25 vezes maior se comparado a uma molécula de CO_2 . Segundo Brasil (2006), as emissões de metano a partir de processos digestivos de todos os animais têm sido estimadas entre 65 e 100 Tg/ano (teragrama por ano) (média de 85 Tg/ano), representando perto de 15% das emissões totais de metano. O Brasil é o segundo maior país emissor de metano entérico do mundo, com uma liberação anual de 10,3 Tg/ano, ficando atrás apenas da Índia, com uma liberação de 14,5 Tg/ano. As emissões de metano a partir de dejetos animais, estimada em 25 Tg (20 a 30 Tg), estão associadas com o manejo de animais confinados, onde os dejetos são manipulados como líquidos. Mesmo que a contribuição animal para emissão de metano seja de apenas 15% do total, é uma das poucas fontes que podem ser manipuladas visando redução da liberação destes gases.

Além do prejuízo ambiental causado, o metano proveniente da fermentação ruminal constitui uma perda no potencial produtivo energético. A quantificação da produção de gases ruminais tem sido utilizada como indicativo da atividade microbiana do ambiente ruminal, sendo que o metano eructado pelos animais representa uma perda de energia de aproximadamente 2 a 14% da EB do alimento (Demarchi et al., 2003).

Em 1997 foi assinado por 59 países o protocolo de Kyoto. Um acordo internacional patrocinado pela Organização das Nações Unidas (ONU), entrando em vigor em 2005, com o objetivo de reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 5% até o ano de 2008 pelos países desenvolvidos e estabelecer um modelo de desenvolvimento limpo (MDL) para os países emergentes.

Conhecer os fatores que determinam a taxa de emissão de produtos poluidores é de extrema importância ao processo de redução dos impactos ambientais causados pelos sistemas de produção animal, além de aumentar a eficiência destes. A intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal depende de diversos fatores como o consumo de matéria seca, digestibilidade da dieta, proporção volumoso concentrado, teor e degradabilidade da fibra.

No rúmen o metano é encontrado em uma proporção média de 27%, sendo o segundo gás em maior volume, ficando atrás apenas do CO₂ com 65%. A produção de metano ruminal é considerada como perda de eficiência energética do alimento em forma de carbono, refletindo em perda de desempenho animal (Pedreira et al., 2005).

O rúmen é uma grande câmara de fermentação, com um volume de digesta variável, determinado por um balanço de entrada (alimentação) e uma taxa de fluxo. Os movimentos ruminais controlam a mistura da digesta, a saída de conteúdo ruminal para retículo e omaso, além da eructação de gases da fermentação (Lana, 2007). Duas espécies de Archaeas metanogênicas (*Methanobrevibacter ruminantium* e *Methanosarcina sp*) são encontradas em grande número dentro do rúmen. Estas duas espécies produzem metano principalmente pela redução do CO₂, gerando assim suas necessidades energéticas para o crescimento. Estas mesmas bactérias também podem produzir metano a partir do formato e em menor grau a partir do metanol, mono-, di- e tri-metilamina, além do acetato (McAllister et al., 1996).

No ambiente ruminal o metano exerce o efeito positivo de reduzir a concentração de hidrogênio, promovendo assim um ambiente favorável ao crescimento de outras espécies bacterianas, servindo assim como “dreno” de hidrogênio (Johnson e Johnson, 1995).

Nem todo metano é produzido exclusivamente no rúmen. Cerca de 14% do CH₄ é produzido no intestino grosso. Esta proporção varia de acordo com a digestibilidade da dieta. Dietas de baixa degradabilidade ruminal proporcionam maiores produções de AGVs e CH₄ intestinal. Porém, grande parte do metano produzido (98%) é absorvido através da parede intestinal, transportado até os pulmões e expirados pela boca e orifícios nasais (Immig, 1996).

6.1 – Câmara Respirométrica como Metodologia para Determinação do Metano

Segundo Rodriguez et al., (2007) a metodologia mais comumente utilizada para medir a concentração de gás metano é através de cromatografia gasosa com detector de ionização de chama ou por analisadores que utilizam sistemas de infravermelho.

Diversos métodos são descritos na literatura visando quantificar o volume de metano entérico produzido por ruminantes, entre elas se destacam:

A maioria das estimativas da produção de metano por ruminantes é baseada em modelos obtidos a partir de mensurações de animais confinados em câmaras respirométricas, sendo essa a base utilizada pelo modelo de Blaxter e Clapperton (1965). No entanto devido a enorme variação existente entre diferentes locais do mundo, a aplicabilidade das equações é limitada, sendo necessárias mais pesquisas nesta área (Rodriguez et al., 2007). Assim, a avaliação da emissão de metano por meio de câmaras respirométricas vem sendo consideradas como método padrão pelos principais grupos de pesquisa (*Standard Gold*) para a calibragem e desenvolvimento de novas metodologias.

Para a predição correta da produção diária de metano dos animais em câmara respirométrica, cuidado especial deve ser dado ao tempo de mensuração uma vez que a taxa de produção desse gás varia ao longo do dia (Grainger, 2006).

Como outras metodologias utilizadas na estimativa da produção de metano por ruminantes, estariam a do hexafluoreto de enxofre (SF₆), conforme Johnson et al. (1994), e técnicas *in vitro* (Blummell et al., 2005).

6.2 – Fatores que Influenciam a Produção de Metano por Ruminantes

Vários fatores influenciam a emissão de metano pelo ruminante. Através de revisão por meta análise, Reynolds et al. (2010) relataram que o principal determinante na produção total de metano é o consumo de matéria seca, ou mais precisamente, a matéria orgânica fermentável consumida. Porém, há variações a um determinado consumo de matéria seca na emissão de CH₄.

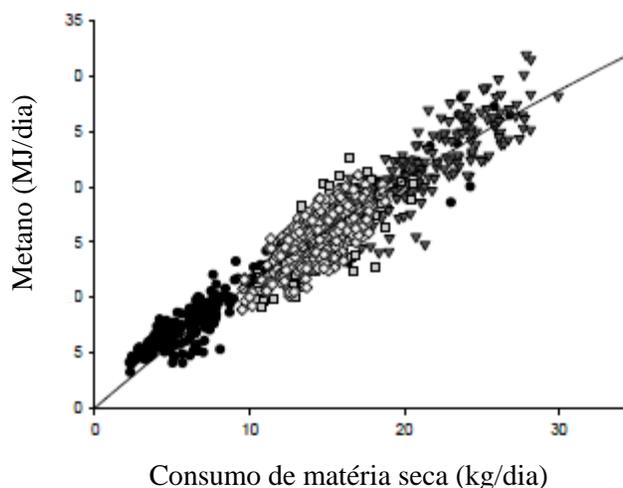


Figura 7. Relação entre consumo de matéria seca e emissão de metano em bovinos. Fonte: Adaptado de Mills et al. (2009).

O consumo de matéria seca se relaciona positivamente com a emissão de CH_4 (g/d). Características como composição racial, volume ruminal, capacidade de seleção de alimento, tempo de retenção do alimento no rúmen, e as associações de fatores, são as que conduzem à maior ou menor capacidade de digestão da fibra dos alimentos, afetando assim a emissão de metano. Segundo Tedeschi et al. (2003) com aumento da taxa de passagem ruminal em 50% a produção de CH_4 sofre uma redução de 30%.

Segundo Kirchgessner et al (1995), os diferentes constituintes da dieta também interferem na produção de metano, em média, a fibra bruta contribui com 60%, extrativos não nitrogenados 30% e proteína bruta 10%. A produção de CH_4 também é afetada pelo tipo de carboidrato fermentado. Quando o animal recebe dietas com maior concentração de amido, ocorre queda do pH, tornando o ambiente mais hostil para a sobrevivência de metanogênicas devido à baixa produção de H_2 resultante dessa fermentação. Então, menos CH_4 é produzido por unidade de amido do que por unidade de carboidrato estrutural. Tyrrel et al. (1990) relatam que em adição ao total de MS consumido, o principal fator que interfere na emissão de metano é o tipo de carboidrato.

Tyrrel et al. (1990) encontraram que a emissão de metano foi menor para vacas em lactação do que para vacas secas sob a mesma dieta (27,2 e 35,1 L/kg MS ingerida). As diferenças foram associadas com a digestibilidade da MS (645 e 720g/kg). Mills et al. (2009) encontraram que a emissão de metano diminui a medida que houve aumento no consumo de

EB, geralmente declinada com aumento no consumo de matéria seca, refletindo o efeito do nível de consumo na dinâmica ruminal e digestibilidade da dieta. Menores níveis de emissão de metano em relação à EB, com menores consumos de MS foram alcançados com maiores relações de concentrado nas dietas.

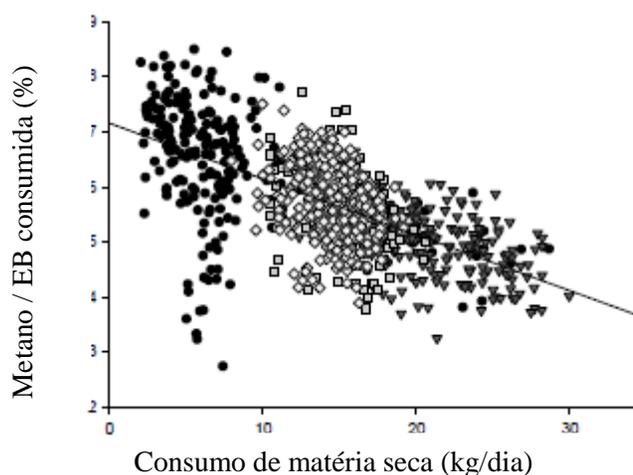


Figura 8. Fonte: Adaptado de Mills et al. (2009). Relação entre consumo de matéria seca e emissão de metano como porcentagem da energia bruta (EB) consumida em bovinos

Mills et al. (2009) relatam que a emissão de metano é melhor avaliada na base do consumo de MS com um ajuste na relação de amido e fibra em detergente ácido da dieta.

A emissão de metano foi menor (L/kg MS consumida) em vacas consumindo silagem de milho do que silagem de gramínea (McCourt et al., 2007), devido a proporção de FDA presente na silagem de gramínea.

Reynolds et al. (2010) avaliaram a produção de metano em vacas leiteiras alimentadas com dietas com elevado amido ou elevada fibra e testaram diferentes concentrações proteicas (145,0; 165,0 e 185,0 g PB/kg MS ingerida). Os autores não observaram efeito da concentração proteica na dieta sobre a produção de metano.

Tyrrell et al. (1990) não encontraram efeito do extrato etéreo na dieta de bovinos sobre a emissão de metano. Mills et al. (2009) também não encontraram efeito do consumo de extrato etéreo sobre a produção de metano. A concentração de lipídio nas dietas é normalmente pequena, não afetando severamente a produção de metano. Estudos *in vitro* demonstram diminuição na emissão de metano com a suplementação de lipídeos. Primeiramente

diminuem em relação ao consumo de MS ou energia, secundariamente, a biohidrogenação reduziria a concentração de hidrogênio para a formação de metano, e por último, afetaria negativamente os microrganismos que degradam a porção fibrosa (Martin et al., 2010).

Fontes lipídicas ricas em insaturações são potentes inibidores de microrganismos produtores de metano (Crompton et al., 2010).

Outro fator associado a produção de metano seria a utilização antibióticos e ionôforos. Um dos efeitos mais consistentes dos antibióticos ionôforos e não ionôforos é a alteração na proporção de ácidos graxos de cadeia curta durante o processo de fermentação ruminal. Esse efeito incide diretamente sobre a proporção de metano que é produzida, já que a atuação primária é sobre a microbiota ruminal, que é alterada em função da resistência ou sensibilidade à suplementação com aditivo, e de acordo com o substrato disponível para ser fermentado (Rivera et al., 2010). Fonseca et al. (2015) encontraram efeito de diminuição na produção de metano em novilhos utilizando monensina sódica associada com virginiamicina.

Em relação ao efeito da raça sobre a produção de metano, Silva (2011) avaliou sua produção em novilhas (± 240 kg PV) Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir) alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), submetidas a ganhos de peso moderados (± 200 g/dia). O autor não encontrou diferença ($P > 0,05$) na produção de metano entre os grupos genéticos, concluindo que este parâmetro estaria mais relacionado com os constituintes da dieta e sua digestibilidade (tabela 3).

Tabela 3. Produção diária de metano (CH_4) em relação ao consumo de matéria seca (CH_4/CMS), CMS digestível (CH_4/CMSD), consumo de fibra em detergente neutro (CH_4/CFDN) e CFDN digestível (CH_4/CFDND) em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir) alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*)

(Litros/kg)	Grupo Racial			CV (%)
	Gir	Holandês	F1	
CH_4/CMS	31,7	35,6	33,7	10
CH_4/CMSD	49,6	54,0	50,0	10
CH_4/CFDN	41,4	43,1	41,1	9
CH_4/CFDND	59,8	59,3	54,6	10

CV = coeficiente de variação. Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$). Fonte: Adaptado de Silva (2011).

Embora Silva (2011) não tenha observado efeito na produção de metano entre as diferentes raças, muito embora o principal efeito esteja relacionado ao consumo, são relatadas na literatura diferenças na quantidade de metano emitida entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*. Essas variações podem ser decorrentes de diferentes características como, volume ruminal, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção do alimento no rumen, capacidade de digestão da fibra, além de associação dos diferentes fatores (Lassey et al., 2002).

Estudos que quantifiquem a produção de metano e avaliem os fatores que envolvem sua emissão, em condições tropicais, são cada vez mais necessários, de maneira a fornecer subsídio para promover maior eficiência na utilização da energia da dieta. Com isso, termos capacidade de produzir maior quantidade de alimentos de forma mais sustentável.

Contudo, dados de pesquisa que mostrem a influência do grupamento genético, principalmente de animais zebuínos de origem leiteira, sobre o consumo e digestibilidade, associados com características de comportamento ingestivo entre as raças, além da avaliação da produção de metano e das necessidades de energia, são cada vez mais necessários devido às condições específicas em nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCBRH. Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa. Disponível em: < www.gadoholandes.com.br > Acesso em: 20/08/2014.

ABCZ. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Disponível em: < www.abcz.org.br > Acesso em: 20/08/2014.

AFERRI, G. *Exigências de energia e proteína e composição do ganho em peso compensatório de novilhos Nelore por meio do indicador óxido de deutério*. 2007. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. CAB International, Wallingford, UK, 1993.

ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.76, p.485-498, 1993.

ANUALPEC. *Anuário da pecuária brasileira*. 21ed. São Paulo: Informa Economics South America, 2014. 360p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1980. 351p.

ARMSTRONG, W.D. *A demanda mundial por proteína animal e suas implicações para a indústria de alimentos para animais*. Midwest Swine Nutrition Conference. 2009.

BACKES, A.A.; PAULINO, M.F.; ALVES, D.D.; RENNO, R.R.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P. Body composition and energy and protein requirements of dairy crossbreeds and Zebu bovines, castrated, in growing and fattening. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.257–267, 2005.

BIRKETT, S.; LANGE, K. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *British Journal of Nutrition*, v.86, p.647–659, 2001.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v.19, p.511-522, 1965.

BLÜMMEL, M.; GIVENNS, D.I.; MOSS, A.R. Comparison of methane produced by straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an in vitro gas procedure. *Animal Feed Science and Technology*, v.123, n.1, p.379-390, 2005.

BOIN, C. Alguns dados sobre exigências nutricionais de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, MG. Anais... p.457-466, 1995.

BOIN, C.; MOURA, M.P. Comparação entre dois níveis de proteína bruta e entre dois níveis de energia para zebuínos em crescimento. *Bol. Ind. Anim.*, v.34, p.155-163, 1977.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Relatórios de referência: emissões de metano pela pecuária. In: Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa, Brasília: MCT, p.1-77, 2006.

BRODY, S. *Bioenergetics and Growth*. New York: Hafner, 1945.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (CSIRO). *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 266p.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; ATZORI, A.S.; FOX, D.G. *Prediction of energy requirements for growing sheep with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System*. In: Nutrient Digestion and utilization in Farm Animals. CABI Publishing, Cambridge, MA., p.99-113, 2006.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. et al. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.919-925, 2004.

CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *Journal of Animal Science*, v.75, p.533-542, 1997.

CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, v.86, n.7, p.1588-1597, 2008.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; TEDESCHI, L.O.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CARTENS, G.E. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore × Red Angus bulls, steers, and heifers. *Journal Animal Science*, v.85, p.1971-1981, 2007.

COSGROVE, G. *Animal grazing behavior and forage intake*. In: GOMIDE, J.A. Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. Viçosa. Anais...p.59-80, 1997.

CROMPTON, L.A.; MILLS, J.A.N.; REYNOLDS, C.K. Effect of feeding frequency and replacing calcium salts of palm oil with crushed or coconut oil on methane emission in lactating dairy cows. *Proc. Nut. Soc.* (in press). 2010.

DADO, R.G., ALLEN, M.S. Intake limitation, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *Journal of Dairy Science*, 78(1): p. 118-133, 1995.

DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; LOURENÇO, A.J.; ALLEONI, G.F.; FRIGHETO, R.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. *Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle in Brazil grazing Brachiaria brizantha cv. Marandu*. Porto Alegre. Anais...World Conference on Animal Production, 2003.

EZEQUIEL, J.M.B. *Exigências de proteína e minerais de bovídeos: Frações endógenas*. 1987. P.131. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FACÓ, O.; LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. Idade ao primeiro parto e intervalo de partos de cinco grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005.

FAEMG. *Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 2006, 156p.

FARIA, F.J.C. Et. Al. *Intervalo de gerações e tamanho efetivo da população da raça Gir Mocho*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. v.38, p.482-483, 2001.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. *Anim. Prod.*, v.41, p.53–61, 1985.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. *Influence of biological type on energy requirements*. In: Proceedings of the Grazing Livestock Nutrition Conference. Misc. Publ. Stillwater, Okla.: Agricultural Experiment. Station, Oklahoma State University, p.1-7, 1987.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.J. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period. *Journal of Animal Science*, v.76, p.637-646, 1998.

FERRELL, C.L.; OLTJEN, J.W. Net energy systems for beef cattle— Concepts, application, and future models. *Journal of Animal Science*, v.86, p.2779–2794, 2008.

FONSECA, M.P.; BORGES, A.L.C.C.; SILVA, R.R.; LAGE, H.F.; FERREIRA, A.L.; LOPES, F.C.F.; PANCOTI, C.G.; RODRIGUES, J.A.S. Intake, apparent digestibility, and methane emission in bulls receiving a feed supplement of monensin, virginiamycin, or a combination. *Animal Production Science*, p.5, 2015.

FONTES, C.A.A.; OLIVEIRA, R.C.; ERBESDOBLER, E.D. et al. Conteúdo de energia líquida para manutenção e ganho do capim elefante e mudanças na composição corporal de novilhos em pastejo, durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1711-1720, 2005.

FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 1.ed. Leeds: CAB International, 1995. 532p.

FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R.; VIEIRA, R.A.M.; LANA, R.P.; LEONEL, F.P.; HENRIQUE, D.S.; LIMA, A.V.; SOUZA, J.C. Body composition and net energy requirements for maintenance of feedlot purebred and crossbred Nellore young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.878–885, 2006.

GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science*, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

GARRETT, W.N.; JOHNSON, D.E. Nutritional energetics of ruminants. *Journal of Animal Science*, v.57 (Suppl. 2), p.478–497, 1983.

GARRETT, W.N.; MEYER, J.H.; LOFGREEN, G.P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *Journal of Animal Science*, v.18, p.528–547, 1959.

GEAY, Y.; ROBELIN, J.; VERMOREL, M. Influence of the ME content of the diet on energy utilization for growth in bulls and heifers. *Energy Metab. Proc. Symp.*, v.26, p.9–12, 1980.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S.M. Methane Emissions from Dairy Cows Measured Using the Sulfur Hexafluoride (SF6) Tracer and Chamber Techniques. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.2755-2766, 2006.

GUIROY, P.J.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. *Journal of Animal Science*, v.80, p.1791-1800, 2002.

IMMIG, I. *The rumen and hindgut as a source of ruminant methanogenesis*. Environmental Monitoring and Assessment, v.42, p.57-72, 1996.

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

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

KIRCHGESSNER, M., WINDISCH, W., MULLER, H.L. *Nutritional factors for the quantification of methane production*. In Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction, p.333-348, 1995.

KLEIBER, M. *The Fire of Life*. New York: Wiley & Sons, 1961. 454p.

LANA, R. P. *Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)*. 2^a ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007. 344p.

LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. II Exigências de energia e proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.21, n.3, p.528-537, 1992.

LASSEY, K.R.; PINARES-PATIÑO, C.S.; ULYATT, M.J. *Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants*. In: Non-CO₂ greenhouse gases: scientific understanding, control options and policy aspects. Rotterdam: Millpress, p.95-100, 2002.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. *Growth of farm animals*. CAB International 1997, 321p.

LEDIC, I.L. *Gir: O grande trunfo da nossa pecuária leiteira*. São Paulo: Ed. Peirópolis, 2000. 95p.

LOBLEY, G.E.; SINCLAIR, K.D.; GRANT, C.M. et al. The effects of breed and level of nutrition on whole-body and muscle protein metabolism in pure-bred Aberdeen Angus and Charolais beef steers. *British Journal of Nutrition*, v.84, n.3, p.275-284, 2000.

MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. *Journal of Dairy Science*, v.73, p.1872-1886, 1990.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; NASCIMENTO, F.B.; FONSECA, M.A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.8, p.1587-1596, 2009.

MARQUES, D.C. *Criação de Bovinos*. 3.ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1976.

MARTIN, C.; DOREAU, M.; MORGAVI, D.P. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, v.4, p.351-365, 2010.

McALLISTER, A.T.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, v.76, p.231-243, 1996.

McCOURT, A.; YAN, T.; MAYNE, C.S. Effect of forage type on methane production from dairy cows. *Proc. Brit. Soc. Anim. Sci.*, v.48, 2007.

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; KUSS, F.; ALVES FILHO, D.C.; SILVEIRA, M.F.; LEITE, D.T. Órgãos internos e trato gastrintestinal de novilhos de gerações avançadas de cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.120-129, 2007.

MILKPOINT. *Levantamento Top 100 2014*. Os 100 maiores produtores de leite do Brasil. Piracicaba, SP: Editora MilkPoint, 2014. p.44.

MILLS, J.A.N.; CROMPTON, L.A.; BANNINK, A.; TAMMINGA, S.; MOORBY, J.M.; REYNOLDS, C.K. Predicting methane emissions and nitrogen excretion from cattle. *J. Agric. Sci.*, v.147, p.741, 2009.

MOE, P.W.; TYRRELL, H.F.; FLATT, W.P. Partial efficiency of energy use for maintenance, lactation, body gain and gestation in the dairy cow. *Energy Metab. Proc. Symp.*, v.13, p.65-68, 1970.

MONTGOMERY, J.L.; KREBBIEL, J.J.; CRANSTON, D.A.; YATES, J.P. et al. Dietary zilpaterol hydrochloride. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *Journal of Animal Science*, v.87, p.1374-1383, 2009.

MORAES, K.A.K. *Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOSS, A.R. *Methane production by ruminants: its contribution to global warming*. *Annales de Zootechnie*, v.49, p.231-253, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Sixth Rev. Ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), *Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington, D.C.: National Academy Press., 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C., 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C., 2000. 249p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7ed. Washington, D.C., 2001. 405p.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. *Ruminal Fermentation*. In: CHURCH, D.C. *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. p.145-171, 1995.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. *Archives of Veterinary Science*, v.10, n.3, p.24-32, 2005.

PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de tourinhos Brangus e Nelore alimentados com dietas contendo diferentes proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.292-300, 2006.

QUEIROZ, A.C.; NEVES, J.S.; MIRANDA, L.F. Efeito do nível de fibra e da fonte de proteína sobre o comportamento alimentar de novilhas mestiças holandês x zebu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.53, n.1, p.84-88, 2001.

REID, J.T.; WHITE, O.D.; ANRIQUE, R. et al. Nutritional energetics of livestock: some present boundaries of knowledge and future research needs. *Journal Animal Science*, v.51, n.6, p.1393-1413, 1980.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.; FERNANDES, M.H. *Metabolismo de energia*. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. São Paulo: FUNEP, 2006. 583p.

RIVERA, A.R.; BERCHIELLI, T.T.; MESSANA, J.D.; VELASQUEZ, P.T.; FRANCO, A.V.M.; FERNANDES, L.B. Fermentação rumenal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.3, p.617-624, 2011.

RODRÍGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, H.O.S. A calorimetry system for metabolism trials. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.495-500, 2007.

RUAS, J. R. M.; SILVA, M. A.; CARVALHO, B. C. et al. *A importância da raça Gir na formação do rebanho leiteiro nacional*. Informe Agropecuário, v.29, n.243, p.53-61, 2008.

SAUERBECK, D.R. CO₂ emissions and C sequestration by agriculture – perspectives and limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.60, p.253-266, 2001.

SEAL, C.J.; REYNOLDS, C.K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutrition Research*, v.6, p.185-208, 1993.

SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; TAVO, L.C.V.; VELOSO, C.M.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; PAULINO, P.V.R.; MORAES, E.H.B.K. Body composition and energy and protein requirements of Nelore bulls fed diets with different concentrate and protein levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, p.503-513, 2002.

SILVA, R.R. *Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos*. 2011. p.60. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TAMBASCO, D.D. *Similiaridade genética multilocos entre parentais de bovinos e correlação com peso ao nascimento da progênie*. 1998. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T. P. Potential environmental benefits of inophores in ruminant diets. *Journal of Environmental Quality*, v.32, p.1591-1602, 2003.

TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G.; LEME, P.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal Animal Science*, v.80, p.1671-1682, 2002.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agric. Syst.*, v.79, p.171-204, 2004.

TYRREL, H.F.; REYNOLDS, C.K.; BAXTER, H.D. Energy metabolism of Jersey and Holstein cows fed total mixed diets with or without whole cottonseed. *Journal of Dairy Science*, v.73 (Supplement 1), p.192, 1990.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG. 2010. 193p.

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

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, supl.2, p.2379-2389, 2000.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos Nelore, não-castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.904-910, 2001.

WEBSTER, A.J.F. *Energy metabolism and requirements*. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2 ed. Corvallis: O&B Books, 1978. 229p.

WEBSTER, A.J.F.; SMITH, J.S.; MOLLISON, G.S. Prediction of the energy requirements for growth in beef cattle. 3. Body weight and heat production in Hereford×British Friesian bulls and steers. *Anim. Prod.*, v.24, p.237-244, 1977.

WEBSTER, A.J.F.; SMITH, J.S.; MOLLISON. Energy requirements of growing cattle: Effects of sire breed, plane of nutrition, sex and season on predicted basal metabolism. *Energy Metab. Proc. Symp.*, v.29, p.84-87, 1982.

WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. *Journal Animal Science.*, v.81, p.1390-1398, 2003.

YOUNG, B.A.; BELL, A.W.; HARDIN, R.T. Mass specific metabolic rate of sheep from fetal life to maturity. *Energy Metab. Proc. Symp.*, v.43, p.155–158, 1989.

CAPÍTULO II

Consumo, digestibilidade, ganho de peso e comportamento alimentar em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir

RESUMO

Utilizaram-se 18 novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir, com peso vivo (PV) inicial médio de 402 kg. Os animais foram mantidos em galpão de confinamento tipo *tie stall* e foram alimentados individualmente com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 70:30, com base na matéria seca (MS). As dietas foram formuladas para possibilitar ganhos de 900 g/dia, sendo fornecidas *ad libitum*, permitindo sobras entre 10% a 15%. Os animais foram pesados quinzenalmente para determinação do ganho de peso diário (GMD; kg) e da conversão alimentar (EA; kg PV ganho/kg MS). Simultaneamente, foram realizados ensaios para avaliação da digestibilidade dos nutrientes e do comportamento ingestivo das diferentes raças. O grupamento genético Gir apresentou menor ($P<0,01$) consumo de MS, nutrientes e energia. A digestibilidade aparente da MS, nutrientes e energia, não diferiram ($P>0,05$) em função dos grupamentos genéticos. O tempo utilizado em atividades de alimentação, ruminação e mastigação (minutos/kg MS; minutos/kg fibra em detergente neutro – FDN), foi maior ($P<0,01$) para os animais da raça Gir. Os animais F1 e Holandês permaneceram por mais tempo ($P<0,05$) deitados do que o grupo Gir. O GMD foi maior ($P<0,05$) no Holandês (0,950kg) em relação ao Gir (0,650kg) e não houve diferença ($P>0,05$) no GMD dessas raças em relação ao F1 (0,841kg). A EA foi semelhante entre os grupamentos genéticos (0,091). A ingestão de nitrogênio (N) aumentou ($P<0,001$) com a ingestão de MS e levou a maiores ($P<0,01$) excreções de N. A retenção de N foi maior ($P<0,01$) no Holandês. Não houve diferença ($P>0,05$) na relação entre N ingerido e N retido (0,45) entre as raças.

O grupo genético não influenciou a digestibilidade, a EA e o balanço de N, tendo o F1 apresentado características similares entre as demais raças avaliadas. O grupo Gir apresenta maior capacidade de ruminação em dieta mais volumosa.

Consumo, digestibilidade, ganho de peso e comportamento alimentar em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir

1 – INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes tem como objetivo principal o fornecimento de produtos para o consumo humano (principalmente leite e carne) e para que isso ocorra, é cada vez mais importante ter a visão de eficiência do sistema de produção. O Brasil é um grande produtor mundial, sendo que uma das características de seu rebanho bovino está em sua composição genética, com elevado grau de contribuição genética de origem zebuína. Conhecer as exigências relacionadas a esta característica pode elevar a produtividade e tornar a atividade mais eficiente.

O consumo de alimentos é o principal processo relacionado com a produção animal e, quando associado à digestibilidade da dieta, determina a quantidade de nutrientes que pode ser utilizada para suprir diariamente as necessidades dos animais (NRC, 2001). Aliado a este fato, o estudo do comportamento ingestivo dos animais possibilita ajustar o manejo alimentar para obtenção de melhores taxas de desempenho.

Para Forbes (1995), o consumo de alimento pode ser influenciado por fatores externos, como condições ambientais, nutrientes na dieta e percepção sensorial e por fatores internos como alterações gastrointestinais, hormônios e metabólitos, além da interação desses. Os sistemas de alimentação como o ARC (1980), NRC (2001), CSIRO (2007) reportam sobre diferenças nas exigências de manutenção para diferentes raças, conseqüentemente interferindo sobre o consumo e desempenho. Hegarty (2004) relatou que na década de 60 começaram a surgir os primeiros trabalhos a sugerirem que *Bos taurus indicus* possuíam maior taxa de fermentação ruminal em relação ao *Bos taurus taurus*. Gonçalves et al. (1991) encontraram menor consumo voluntário de matéria seca (MS) para novilhas *Bos taurus indicus* em relação a *Bos taurus taurus*, quando os zebuínos apresentaram consumo 24% inferior aos taurinos, e este último, 9% superior aos mestiços. Clímaco et al. (2011) observaram além do efeito do grupamento genético sobre consumo, também sobre o ganho de peso, devido à características diferentes de precocidade e peso adulto.

Objetivou-se com este experimento avaliar o efeito do grupamento genético sobre o consumo e as digestibilidades da MS, nutrientes e energia da dieta, bem como avaliar o ganho de peso e o comportamento ingestivo de novilhas Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir em confinamento.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Local

O experimento foi realizado nas dependências do LAMACA (Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, entre junho a setembro de 2010. A cidade de Belo Horizonte está situada a 900m acima do nível do mar, possui uma temperatura média de 23°C, variando entre 9 e 35°C, umidade relativa do ar de 65% e precipitação média anual de 1.600mm, com maior concentração de chuvas no período entre outubro e março. O clima é classificado como tropical de altitude (Cwa) conforme a classificação de Köppen segundo Inzunza (2005).

2.2 – Animais Utilizados e Instalações Experimentais

Utilizaram-se 18 novilhas, pertencentes a três grupos genéticos: Gir leiteiro, Holandês (preto e branco) e F1 (Holandês x Gir), sendo que cada grupo continha seis animais. Os animais apresentavam ($P>0,05$) peso vivo (PV) inicial médio de 402kg, tendo o Gir, F1 e Holandês, PV inicial médio de 391,2, 412,8 e 403,8kg, respectivamente. Ao final do período experimental os animais apresentaram PV de 438 kg, tendo o Gir, F1 e Holandês, PV final médio de 417,3, 447,3 e 445,8kg, respectivamente. As novilhas das raças Gir leiteiro e F1 foram provenientes da Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada em Felixlândia, MG. As fêmeas da raça Holandês foram cedidas gentilmente pela produtora Lindalva de Oliveira Dutra Vivenza, cuja propriedade localiza-se no município de Campos Altos, MG.

As novilhas foram alojadas em regime de confinamento, em galpões de alvenaria em sistema tipo *tie stall*. Neste sistema os animais ficam constantemente (dia e noite) presos por cabresto ao cocho de alimentação. Cada animal dispunha de cochos e bebedouros individuais e área livre de 3m² (2,5 x 1,2m), sendo 2,5m² dessa área coberta por telhas de aço galvanizado.

Foram colocados estrados de borracha (dimensões 1,10; 0,90 e 0,001m, respectivamente, de comprimento, largura e espessura) sobre o piso de concreto, proporcionando melhor bem estar aos animais. A limpeza do piso e estrados foi realizada diariamente, anteriormente ao trato da manhã, fazendo-se a remoção total dos dejetos e, em seguida, a lavagem da instalação.

Anteriormente ao presente trabalho, os animais participaram de outro experimento no mesmo local, sendo que já se encontravam adaptados à rotina de procedimentos, às instalações, ao manejo e à câmara respirométrica, utilizada neste experimento. No início das atividades, ocorreram as pesagens, controle de endo e ectoparasitas (Levamisol + Ivermectina) e aplicação subcutânea de vitaminas A, D e E. Os animais foram conduzidos cada um ao seu referido cocho, aleatoriamente, de forma que os animais alternassem na seguinte ordem: Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir), e assim sucessivamente, ficando todas as raças lado a lado.

2.3 – Dietas e Manejo Alimentar

Os tratamentos avaliados consistiam das três raças utilizadas, ou seja, Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir). Ao todo eram 18 novilhas, sendo seis de cada raça.

O balanceamento da dieta utilizada foi determinado a partir dos valores de exigências nutricionais sugeridos pelos comitês de alimentação NRC (2000) e NRC (2001). As recomendações utilizadas consistiam nos valores intermediários das duas referências, uma vez que foram utilizados animais com diferentes características de crescimento entre as raças.

As dietas foram compostas de 70% de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) como único volumoso da dieta e 30% de concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico. A composição química do feno e do concentrado utilizado nos diferentes períodos encontra-se na Tabela 1 e 2, respectivamente. Na Tabela 3 tem-se a composição química da dieta utilizada.

O feno foi picado em picadeira estacionária em tamanho de partículas de aproximadamente 5cm. O objetivo desta desintegração era evitar perdas e, assim, estimar o consumo de MS de forma mais acurada. Todo o feno utilizado neste trabalho foi proveniente de uma mesma remessa, que foi armazenada no seu local de produção, na Fazenda Santa Helena, localizada no município de Bom Despacho, MG. O transporte para o LAMACA ocorreu de forma fracionada, de acordo com o ritmo de sua utilização.

Tabela 1. Composição bromatológica do feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) nos diferentes períodos* experimentais (Feno 1, 2, 3, 4, 5 e 6) utilizado na alimentação das novilhas

Item	Feno 1	Feno 2	Feno 3	Feno 4	Feno 5	Feno 6	Média
	g/kg						
MS	817,8	830	838	829,2	828,7	824,8	828,1
	g/kg MS						
PB	91,6	92,4	93,7	91,2	92,6	91,0	92,1
MO	942,4	937,8	940,9	939,7	936,5	943,4	940,1
MM	57,6	62,2	59,1	60,3	63,5	56,6	59,9
EE	31	42,5	44,2	36,9	30,5	38,7	37,3
FDN	816,8	832,6	798,8	807,5	795,3	840,8	815,3
FDA	411,7	409,7	393,0	395,8	393,1	404,6	401,3
NIDN	7,8	7,9	7,7	7,8	7,7	7,9	7,8
NIDA	3,8	2,9	2,2	3,2	2,9	3,5	3,1
Ca	3,27	3,11	3,53	3,07	3,32	3,16	3,24
P	2,48	2,31	2,22	2,25	2,44	2,34	2,34
	Mcal/kg MS						
EB	3,97	3,95	3,96	3,94	3,96	3,95	3,96

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; MO: Matéria Orgânica; MM: Matéria Mineral; EE: Extrato Etéreo; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; NIDN: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro; NIDA: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido; Ca: Cálcio; P: Fósforo; EB: Energia Bruta (determinada em bomba calorimétrica).

*Cada período corresponde a 14 dias de um total de 84 dias.

Tabela 2. Composição bromatológica do concentrado (Conc.) de diferentes períodos* (Conc. 1, 2, 3, 4, 5 e 6) utilizado na alimentação das novilhas

Item	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Conc. 4	Conc. 5	Conc. 6	Média
	g/kg						
MS	871,6	870,5	869,4	873,0	875,0	872,0	871,9
	g/kg MS						
PB	181,3	182,1	180,8	179,8	180,7	181	181,0
MO	929,9	928	928,9	930,8	928,8	930,6	929,5
MM	70,1	72	71,1	69,2	71,2	69,4	70,5
EE	39,2	38,4	40,3	40,1	39,7	41,9	39,9
FDN	131,8	131,2	128,8	130,3	129,5	131,7	130,6
FDA	42,3	42,5	39,8	41,8	40,6	43,7	41,8
NIDN	2,8	2,7	2,8	2,9	2,7	2,8	2,8
NIDA	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3
Ca	12,62	12,02	12,11	11,76	11,42	12,51	12,07
P	5,88	6,12	5,75	6,15	6,07	6,09	6,01
	Mcal/kg MS						
EB	4,15	4,19	4,18	4,15	4,16	4,17	4,17

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; MO: Matéria Orgânica; MM: Matéria Mineral; EE: Extrato Etéreo; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; NIDN:

Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro; NIDA: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido; Ca: Cálcio; P: Fósforo; EB: Energia Bruta (determinada em bomba calorimétrica).

*Cada período corresponde a 14 dias de um total de 84 dias.

O período experimental que foi de 84 dias, somente foi dividido em 6 subperíodos de 14 dias para melhor avaliação do alimento fornecido aos animais, conseqüentemente do consumo, de modo que não houve interrupções nesse período total.

As dietas foram fornecidas *ad libitum* aos animais individualmente, duas vezes ao dia, divididas em quantidades iguais às 08:00 e 16:00 horas. Os animais possuíam livre acesso à água durante todo o período experimental. A suplementação mineral foi realizada junto no concentrado.

Tabela 3. Composição química média da dieta experimental, utilizando-se a relação volumoso:concentrado de 70:30

Item	MS	PB	MO	EE	FDN	FDA	CNF	EB
	g/kg MS							Mcal/kg MS
Dieta	841,7	119,0	933,2	37,7	598,1	287,2	180,3	4,02

MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; MO: Matéria Orgânica; EE: Extrato Etéreo; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; CNF: Carboidratos não Fibrosos, determinado conforme a equação de Weiss (1999): $100 - (\%PB + \%FDN + \%EE + \% \text{ cinzas})$; EB: Energia Bruta (determinada em bomba calorimétrica).

*Dieta composta por volumoso de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico.

2.4 – Determinação do Consumo

A dieta fornecida foi pesada duas vezes ao dia, antes do fornecimento aos animais, sendo as sobras pesadas diariamente, antes da alimentação da manhã. Amostras de 400 a 500g foram embaladas em sacos plásticos de 3 mm de espessura e congeladas em freezer à temperatura de -15°C, para posteriormente serem analisadas. O período de determinação do consumo correspondeu ao período experimental, que foi de 84 dias. O consumo de energia metabolizável (CEM) foi determinado pela diferença entre o consumo de energia digestível (CED) das perdas energéticas através da urina e metano (CH₄), sendo este último quantificado em câmara respirométrica.

2.5 – Desempenho Animal (Ganho de Peso)

As pesagens dos animais foram realizadas no início e final do ensaio de ganho de peso, sempre no mesmo horário, às 8h, imediatamente antes da alimentação da manhã. Em todas as pesagens os animais tiveram seu PV determinado por dois dias consecutivos. Se dentre os valores das pesagens a variação fosse superior a 2%, uma terceira mensuração foi feita e o valor mais discrepante descartado. Foi utilizada para as avaliações a média dos dois valores mais próximos. O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela diferença do PV final e inicial dividido pelo número de dias do ensaio de ganho de peso, que durou 84 dias. Anteriormente a esse período, os animais passaram por adaptação de 70 dias para a dieta de ganho de peso. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão kg ganho de PV/kg de matéria seca consumida no período.

2.6 – Ensaio de Digestibilidade

Durante o experimento foi realizado ensaio de digestibilidade para determinação da digestibilidade dos nutrientes e concentração de energia metabolizável (EM) da dieta (Mcal/kg MS). A EM das dietas foi determinada subtraindo-se as perdas energéticas das fezes, urina e metano (CH₄) da energia bruta (EB) consumida. A produção de CH₄ foi determinada por calorimetria indireta em um período de 24 horas de mensuração, conforme Rodriguez et al. (2007).

O ensaio de digestibilidade consistiu de cinco dias de coleta total das fezes. As coletas foram realizadas individualmente, imediatamente após o momento em que o animal defecou, sendo realizada durante 24 horas de cada dia de coleta. As amostras foram posteriormente transformadas em compostas, representativas da proporção da excreção diária individual das novilhas. Amostras de alimentos oferecidos foram coletadas e, posteriormente, foi feita amostra composta das amostras coletadas diariamente. As sobras foram coletadas diariamente, e de acordo com a proporção de sobra do dia em relação ao total de sobras, foi elaborada amostra composta. Todas as amostras coletadas foram embaladas, identificadas e congeladas a -15°C para posteriores análises. Todas as amostras compostas (fezes, alimento oferecido e sobras) foram feitas com base na matéria pré-seca determinada em estufa de ventilação forçada durante 72h em temperatura de 55°C, e após serem moídas em tamanho de partícula de 5,0mm.

Para estimação do volume urinário, nitrogênio (N) urinário e EB da urina, foram utilizados os dados de Lage (2011), que utilizou os mesmos animais (Gir e F1) em posterior experimento, sendo que para os dados dos animais Holandeses utilizaram-se os valores do grupo F1. Utilizou-se as mesmas concentrações de N e EB da urina e o volume urinário foi corrigido para o $PV^{0,75}$. Durante o ensaio coletaram-se amostras tipo *spot* de urina, as quais foram obtidas 4 horas após a alimentação, durante micção espontânea. Uma alíquota de 60mL de urina foi coletada para determinação das concentrações de creatinina, N urinário e EB.

Ao se fazer uma única coleta de urina com posterior análise do teor de creatinina, foi possível calcular o volume urinário excretado diariamente pelos animais (Rennó et al., 2008), através da seguinte relação: $\text{Volume urina} = \text{Peso Vivo (kg)} * \text{Excreção média diária de creatinina (mg/kg PV)} / \text{Concentração de creatinina na urina (mg/L)}$ As excreções médias diárias adotadas foram similares às descritas por Rennó et al. (2008), sendo de 28,72 mg/kg para animais F1 (Holandês x Gir) e de 27,04 mg/kg para animais Zebu. Das amostras de urina, uma alíquota foi colocada na proporção de 10:1 (sendo 9 partes de ácido e 1 parte de urina) em ácido sulfúrico a 40% para análise dos teores de creatinina, enquanto que outra foi armazenada *in natura* para avaliação dos teores de nitrogênio e energia bruta. Ambas foram congeladas em câmara fria para posteriores análises. As análises de concentração de creatinina na urina foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG, utilizando-se o equipamento COBAS®. Na determinação da EB da urina, procedeu-se sua secagem. Para isto, 10ml da mesma foram colocados em recipiente plástico e colocado em estufa ventilada a 55°C por cerca de 12h, ou por tempo suficiente para a evaporação do conteúdo de água da amostra. O recipiente com o resíduo sólido da amostra de urina foi colocado na bomba calorimétrica, sendo a energia da urina, obtida pela diferença entre o valor de energia do recipiente com o resíduo e a média do valor de energia liberada na queima de três recipientes vazios.

Os teores de N das amostras de urina foram determinados pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995).

2.7 – Processamento das Amostras e Análises Laboratoriais

As amostras de alimentos oferecidos, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente e submetidas à pré-secagem a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho estacionário dotados de peneira com crivos de 5mm, para confecção das amostras

compostas. O período experimental foi dividido em 6 subperíodos, compostos de 14 dias cada, para os quais foram feitas as amostras compostas de alimentos oferecidos e sobras por animal. As amostras de fezes coletadas nos cinco dias do ensaio de digestibilidade, formaram uma amostra composta por animal. Cada amostra composta foi novamente moída em moinho estacionário dotado de peneira com crivos de 1mm, sendo armazenadas em frascos herméticos de polietileno para posteriores análises. Determinaram-se MS em estufa a 105°C, matéria orgânica (MO) (AOAC, 1980), proteína bruta (PB) pelo método de Dumas em aparelho LECO FP - 428, EB por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC, 1995), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial conforme Van Soest et al. (1991), em aparelho ANKOM220, utilizando “filtros” ANKOM F57 de 25 microns de porosidade, com adição de 500 µL/g MS da enzima Termamyl 2X na determinação da FDN. Os carboidratos não fibrosos foram calculados conforme a equação: $100 - [(\%PB - \%PB \text{ da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \%FDN + \%EE + \% \text{ cinzas}]$ (Hall, 2001). Os nutrientes digestíveis totais foram (NDT) foram determinados pela relação: 1 kg NDT = 4,409 Mcal de ED, em que ED representa a energia digestível e pela equação de Weiss (1999): $NDT = PBD + FDND + CSDND + (2,25 \times EED)$, em que D significa digestível. Os valores de digestibilidade envolvidos nesses cálculos, foram determinados por ensaio de digestibilidade *in vivo*. As amostras de urina (Lage 2011) foram analisadas para determinação dos valores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) e EB, como descrito acima.

2.8 – Comportamento Ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo dos animais, os mesmos foram submetidos a períodos de observação visual individual durante 24 horas, em intervalos de 10 minutos, conforme descrito por Moraes (2006). Durante este período, foram avaliados os tempos despendidos (minutos) em atividades de alimentação, ruminação, mastigação (soma do tempo gasto com alimentação e ruminação), ingestão de água, ócio e posicionamento deitado ou em pé, para obtenção de médias diárias de cada atividade. As variáveis referentes ao comportamento ingestivo, também foram distribuídas por períodos diários para a determinação da distribuição percentual das atividades durante o dia por cada raça. Durante a observação noturna, o ambiente foi mantido com iluminação artificial. O dia utilizado para essa avaliação foi o dia posterior ao término do ensaio de digestibilidade.

2.9 – Procedimento Estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituindo três tratamentos (Gir, Holandês e F1 – cruzamento entre Holandês e Gir) e seis repetições, com cada animal representando uma parcela experimental, conforme o modelo estatístico: $Y_{ij} = M + T_i + e_{ij}$, em que: M = média geral; T_i = efeito dos tratamentos e e_{ij} = erro aleatório associado às observações.

Para avaliação do grau de dependência de uma variável em relação a outra, foi realizado estudo de correlação.

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SAS (versão 9.1.3), admitindo-se 5,0% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Quando verificada diferença estatística entre os tratamentos foi utilizado o teste Tukey para comparações das médias.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas (tabela 3) fornecidas aos animais foram as mesmas para todas as raças, sendo fornecidas *ad libitum*, mantendo-se as sobras em 10% a 15%. Os dados de consumo da MS, dos nutrientes e de energia estão apresentados na tabela 4.

Os animais da raça Gir tiveram menor ($P < 0,05$) consumo de nutrientes em relação aos grupos Holandês e F1. O CMS ($\text{g/kgPV}^{0,75}$) foi 20,6% maior para o F1 e 31,9% maior para o Holandês, em relação ao Gir. Quando representado em porcentagem do PV, os consumos de MS verificados foram de 1,81, 2,15 e 2,36% do PV e os consumos de FDN de 1,09, 1,29 e 1,42% do PV para os grupos Gir, F1 e Holandês, respectivamente. O consumo de PB foi menor para a raça Gir, sendo 25,8% e 38,2% menor aos consumos (kg) dos grupos F1 e Holandês, respectivamente. O consumo de energia foi maior para as raças Holandês e F1, apresentando CEM ($\text{Kcal/PV}^{0,75}$) 13,4% e 24,4% maiores do que a raça Gir, respectivamente.

Tabela 4. Consumo de matéria seca (CMS), nutrientes e energia por novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir alimentadas com dietas constituídas por feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
	Kg/dia				
CMS	7,32a	9,26b	10,03b	0,31	<0,001
CMSD	4,81a	5,85b	6,38b	0,19	<0,001
CMO	6,87a	8,69b	9,39b	0,29	<0,001
CPB	0,89a	1,12b	1,23b	0,04	<0,001
CEE	0,27a	0,34b	0,38b	0,01	<0,001
CFDN	4,38a	5,56b	6,01b	0,19	<0,001
CFDA	2,03a	2,58b	2,78b	0,09	<0,001
CCNF	1,46a	1,81b	1,96b	0,06	<0,001
CCHOT	5,76a	7,17b	7,85b	0,24	<0,001
CNDT ²	4,65a	5,44ab	6,04b	0,19	<0,01
CNDT ³	4,89a	5,81ab	6,42b	0,18	<0,01
	Mcal/dia				
CEB	30,28a	38,19b	41,36b	1,25	<0,001
CED	20,37a	24,73ab	26,84b	0,79	<0,001
CEM	17,21a	20,42b	22,25b	0,66	<0,001
	g/Kg PV ^{0,75}				
CMS	81,31a	98,10b	107,23b	0,29	<0,001
CMO	79,64a	92,91b	101,71b	0,27	<0,001
CFDN	49,83a	58,52b	64,09b	0,17	<0,001
	Kcal/Kg PV ^{0,75}				
CEM ⁴	191,14a	216,66ab	237,80b	6,83	<0,01

¹Erro padrão da média, n=18. ²Calculado conforme a equação de Weiss (1999). ³Calculado pela relação: 1kg de NDT=4,409 Mcal de ED. CMO, consumo de matéria orgânica; CPB, consumo de proteína bruta; CEE, consumo de extrato etéreo; CFDN, consumo de fibra insolúvel em detergente neutro; CFDA, consumo de fibra insolúvel em detergente ácido; CCHOT, consumo de carboidratos totais; CCNF, consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT, consumo de nutrientes digestíveis totais; CEB, consumo de energia bruta; CED, consumo de energia digestível; CEM, consumo de energia metabolizável (determinado em ensaio de metabolismo, determinado pela diferença do CED das perdas energéticas através da urina e metano, este último quantificado em calorimetria à nível de alimentação).

⁴Energia metabolizável determinada em ensaio de metabolismo.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade de ingestão de alimentos é o maior limitante à produção animal. Oliveira et al. (1994) comentam que a ingestão voluntária de alimentos é fator que regula o crescimento, o ganho de peso e o acabamento dos animais. Parte da variação da capacidade dos ruminantes

de consumir alimentos tem base genética, entretanto, a magnitude da influência genética no consumo é de difícil determinação (Weston, 1982). Muitos fatores afetam a ingestão de MS. Teorias como o enchimento físico do retículo e rumen e *feed back* negativo por metabólitos e hormônios, têm sido propostas para se prever a ingestão de MS. Cada teoria pode ser aplicada em uma determinada condição, sendo o mecanismo de regulação do consumo influenciado por vários desses fatores simultaneamente (NRC, 2001). A condição corporal também influencia o consumo. Forbes (1995) relata que ao atingir o peso adulto, os animais acumulam uma determinada proporção de gordura na carcaça, quando então a ingestão de MS é diminuída. Castanho (1994) e Perotto (1997) relatam peso adulto para fêmeas Gir de 369kg e 383kg, respectivamente. Freitas (1997) e Coelho et al. (2009) comentam que o peso adulto do Holandês no Brasil seria de 703kg e 701kg, respectivamente. O NRC (2001) nos fornece dados do peso adulto em relação ao “porte” dos animais, definindo como de pequeno porte (400kg) e grande porte (680kg), sendo que para o Holandês é citado peso adulto de até 800kg. Segundo Owens et al. (1993), o peso adulto é definido como o ponto (entre 34 a 37% de gordura no corpo vazio) de máxima deposição proteica e início do aumento da deposição de gordura. Na sua determinação, embora a genética seja muito importante, fatores ambientais desempenham grande papel em sua determinação. Outro ponto a ser destacado seria o peso ao nascimento, que é correlacionado positivamente com o peso adulto e também interferido por fatores ambientais que passam a gestante. Com isso, segundo os autores há uma difícil padronização para o peso adulto. No presente trabalho os animais apresentavam PV inicial semelhante (402,0kg; $P > 0,05$), logo, os animais do grupo Gir apresentavam, ou estavam mais próximos ao peso adulto, justificando o menor consumo encontrado para todas as variáveis estudadas. Ao contrário, os animais Holandês ainda encontravam-se com menos de 60% do peso à maturidade de carcaça. Tem-se utilizado também o escore de *frame* como uma informação complementar para peso. O termo *frame* denota tamanhos, muitas vezes em três categorias (pequeno, médio e grande) designados a partir da altura em uma determinada faixa etária (BIF, 2010), descrevendo assim o biotipo do animal. Animais de menor *frame* são mais leves, de maior escore corporal a um mesmo peso e possuem maturidade de carcaça mais precoce. Os de maior *frame* geralmente são de maior peso, menor escore a um mesmo peso e maturidade de carcaça mais tardia (BIF 2010). Os animais de menor *frame* tendem ter menor consumo, que talvez explique em parte o menor consumo apresentado nas Gir, uma vez que esta raça, comparada à Holandês, apresenta maturidade de carcaça mais

precocemente. Owens et al. (1993) comentam que os animais de menor *frame*, devido ao acúmulo de gordura mais precoce, terão o consumo diminuído.

Aliado ao peso adulto, o escore da condição corporal (ECC) também interfere no consumo. Tem-se sugerido que animais obesos tendem a ingerir menores quantidades de MS do que animais com menor escore. Isso pode ser devido ao menor espaço no trato digestivo de animais zebuínos em relação aos taurinos ou por efeito direto do acúmulo de gorduras, conhecida como teoria lipostática (Forbes 1995). Novamente, os animais Gir apresentavam visualmente, maior condição corporal do que os animais dos outros grupos, interferindo no consumo. Outro fator que também contribui para a queda do consumo do animal é o efeito do hormônio leptina, uma vez que, segundo Zieba et al. (2005), sua secreção está correlacionada com a massa de gordura corporal, e sua produção contribui para a redução da ingestão alimentar.

Na tabela 5 encontram-se os valores médios para digestibilidade da MS, energia bruta (EB) e nutrientes em função dos grupos genéticos Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de digestibilidade (g/kg MS) da MS, MO, EB, PB, EE, FDN, FDA, CHOT e CNF entre os grupamentos genéticos avaliados.

Tabela 5. Digestibilidade (g/kg) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), energia bruta (EB) e nutrientes em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir, alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
	g/kg MS				
MS	656,55	631,92	636,29	6,84	0,309
MO	678,04	647,04	648,37	6,65	0,171
EB	650,24	621,38	624,78	6,77	0,166
PB	739,72	716,22	714,83	6,57	0,169
EE	524,08	508,30	535,36	13,19	>0,05
FDN	636,65	592,59	583,85	6,46	0,053
FDA	624,58	563,38	557,78	12,63	0,062
CCHOT	628,83	588,95	592,21	8,35	0,089
CNF	781,81	825,86	809,96	12,86	>0,05

¹Erro padrão da média, n=18. PB=proteína bruta; FDN=fibra insolúvel em detergente neutro; FDA=fibra insolúvel em detergente ácido; EE=extrato etéreo; CHOT=carboidratos totais; CNF=carboidratos não fibrosos.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 6 são fornecidos os dados de comportamento ingestivo dos grupamentos genéticos avaliados.

Tabela 6. Avaliação do comportamento ingestivo² de novilhas Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir, expresso em minutos por dia (min./dia) gastos com alimentação, ruminação, mastigação, ingestão de água, ócio, posição de estação e decúbito

Item	Grupos Genéticos			EPM ¹	P
	Gir	F1	Holandês		
<u>Período de 24 horas</u>					
Alimentação					
Min./dia	308,33	296,67	295,00	7,19	NS
Min./kg MS	42,09a	32,30b	29,19b	1,70	0,010
Min./kg FDN	71,89a	54,74b	49,46b	2,96	0,010
Ruminação					
Min./dia	520,00	553,33	546,67	11,96	NS
Min./kg MS	70,54a	60,35b	54,21b	2,21	0,00256
Min./kg FDN	120,42a	102,25b	91,84b	3,83	0,00214
Mastigação					
Min./dia	828,33	850,00	841,67	12,88	NS
Min./kg MS	112,63a	92,65b	83,40b	3,60	0,00021
Min./kg FDN	192,31a	157,00b	141,30b	6,28	0,00020
Ingestão de água					
Min./dia	16,67	18,33	11,67	1,85	NS
Ócio					
Min./dia	595,00	571,67	586,67	12,97	NS
Estação					
Min./dia	700,00a	555,00b	538,34b	28,76	0,029
Decúbito					
Min./dia	740,00b	885,00a	901,67a	28,76	0,029

¹EPM=Erro padrão da média; n=18; F1=Holandês x Gir; MS=matéria seca; FDN=fibra em detergente neutro; min.=minutos.

²Dieta composta por volumoso de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico, na proporção volumoso:concentrado de 70:30.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 1 têm-se as representações gráficas da distribuição percentual diária, do comportamento ingestivo (alimentação; ruminação; ócio; ingestão de água, posição em estação e posição em decúbito)

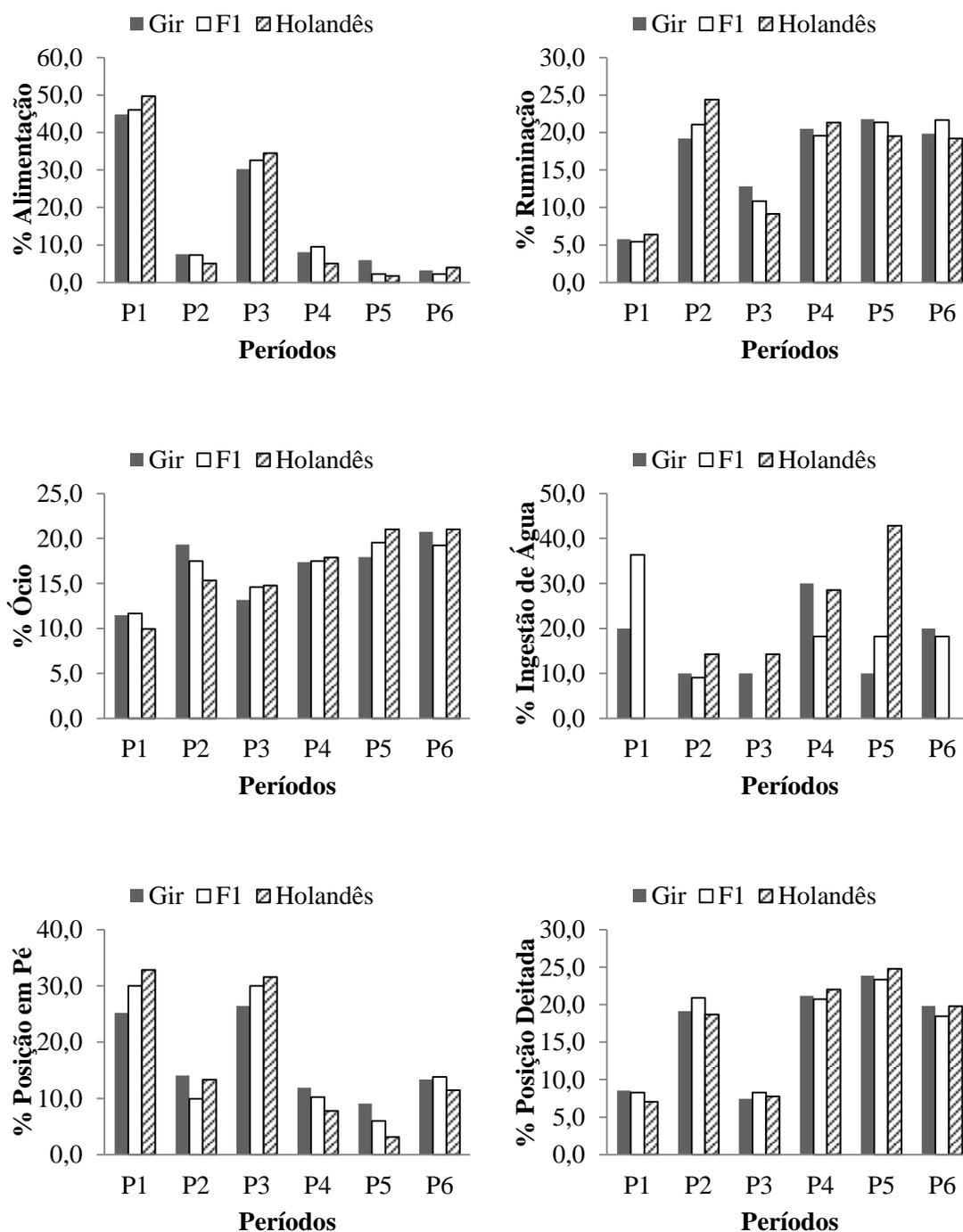


Figura 1. Distribuição percentual¹ das atividades de alimentação, ruminação, ócio e ingestão de água e de comportamento de estação ou de decúbito, em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado, ao longo de 24h²

¹A soma do percentual de um comportamento específico, em cada grupo genético, contabiliza 100,0%. ²Cada período corresponde a um total de 4 horas; P1 = 08:00 – 11:50h, P2 = 12:00 – 15:50h, P3 = 16:00 – 19:30h, P4 = 20:00 – 23:50h, P5 = 00:00 – 03:50, P6 = 04:00 – 07:50h.

Embora em muitas situações maiores consumos estejam associados a menores valores de digestibilidade (decorrentes da maior taxa de passagem) (NRC, 2001), neste experimento a diferença de consumo entre os grupos genéticos não foi suficiente para acarretar diferença significativa na digestibilidade aparente dos componentes avaliados. Associado a este fato, os animais Gir apresentaram maior tempo (minutos/kg MS; minutos/kg FDN) despendido em atividade de ruminação, colaborando para maximizar a digestibilidade dos nutrientes. Este fato pode ter colaborado para “tendência” de maior digestibilidade da FDN ($P=0,0531$) para o grupamento Gir. Provavelmente o número de animais pode ter sido um dos fatores do efeito não encontrado. A correlação entre a digestibilidade da FDN em relação ao tempo despendido em ruminação (minutos/kg MS; minutos/kg FDN) foi significativa ($P=0,037$) e moderada ($r=0,500$), demonstrando uma dependência dessas duas variáveis. Gonçalves et al. (1991) avaliaram o consumo e os coeficientes de digestibilidade em animais Nelore, Holandês, $\frac{1}{2}$ Holandês x Zebu, $\frac{3}{4}$ Holandês x Zebu e bubalinos. Os autores não constataram efeito dos grupos genéticos sobre os valores de digestibilidade, sendo os valores de consumo maiores para Holandês, intermediário para os mestiços e menor para os zebuínos. De forma semelhante, Rennó et al. (2005), avaliando animais da raça Holandês, $\frac{1}{2}$ Holandês x Guzerá, $\frac{1}{2}$ Holandês x Gir e Zebu, não encontraram efeito do grupo genético sobre os valores de digestibilidade da MS, MO e FDN. Logo, esses dados, juntamente com o presente experimento, demonstram que o efeito na digestibilidade é devido principalmente por características da dieta.

Borges (2000) encontrou maior CMS para o Holandês e não encontrou diferença nos valores de digestibilidade da MS, dos nutrientes e da EB entre Holandês e Guzerá, alimentadas em dietas a base de feno de Tifton (*Cynodon dactylon*) e concentrado. Em estudo com animais $\frac{1}{2}$ Holandês-Zebu, $\frac{1}{2}$ Caracu-Zebu e Nelore, alimentados com 50,0% de silagem pré-seca de capim Coast-cross e concentrado, Fernandes et al. (2004) afirmaram que os coeficientes de digestibilidade da MS e dos nutrientes não foram influenciados pelos grupos genéticos. Lage (2011) também não encontrou diferença nos valores de digestibilidade entre novilhas F1 (Holandês x Gir) e Gir, apesar destas últimas terem menor consumo.

Coelho da Silva e Leão (1979) comentam que os taurinos, por pressão de seleção genética mais intensa, têm em consequência, maior capacidade de ingestão. Hunter e Siebert (1985) concluíram que os taurinos têm maior capacidade de consumo e eficiência de uso dos alimentos quando estes são de boa qualidade, porém se igualam aos zebuínos quando este alimento é de média qualidade. Estas observações confirmam o resultado presente, uma vez

que as novilhas F1 e Holandês, com o aumento do consumo, não sofreram depressão na digestibilidade, além de que, a dieta era composta de 59% de FDN, ou seja, mais volumosa. Nessa linha de raciocínio, ponto importante a ser relatado seria a capacidade digestiva. Ferrell & Jenkins (1998) identificaram que novilhos Tuli (*Bos taurus indicus*) apresentaram pesos do fígado e do TGI inferiores aos observados em Angus (*Bos taurus taurus*). Menezes et al. (2007) reportaram que o peso do fígado e do TGI expressos em porcentagem do peso de corpo vazio foram maiores em novilhos Charolês em relação aos Nelore. Peron et al. (1993) também observaram menores pesos do TGI em animais Nelore em relação aos taurinos. O menor tamanho do TGI pode ser atribuído ao menor potencial de consumo das raças zebuínas em relação à taurinas, como observado por Ferrell & Jenkins (1998).

Menores ($P < 0,001$) CMS por parte do Gir ocasionaram menores ($P < 0,001$) CEM, o que levou a menor ($P < 0,05$) ganho de peso (GMD; kg/dia, tabela 7), pois o nível de produção é proporcional ao CEM. Lage (2011) encontrou maior ($P < 0,05$) CMS (7,76 e 6,15kg/dia) e CEM (17,01 e 13,48Mcal/dia) para novilhas F1 (Holandês x Gir) em relação às Gir.

Os animais dos diferentes grupos genéticos concentraram suas atividades de alimentação nos períodos P1 (08:00 – 11:50h) e P3 (16:00 – 19:50h), períodos que coincidem com o período após o fornecimento das dietas (08:00 e 16:00h). A soma desses dois períodos correspondem a 79% da atividade de alimentação para as raças, tendo os valores de 74,1, 78,7 e 84,2% para as raças Gir, F1 e Holandês, respectivamente. Pereira et al. (2009) trabalhando com novilhos Holandês (300kg PV) alimentados com feno de Tifton (5mm de tamanho de partícula) e concentrado (60:40), encontraram concentração de 83,9% no consumo nos períodos de fornecimento da dieta, que foi fornecida às 6:30h e 13:30h, valor próximo ao encontrado no presente experimento. De acordo com Forbes (1995), como os bovinos são animais de hábito diurno, a atividade de alimentação é mais frequente e ocupa o animal por mais tempo durante o dia que à noite, contudo esse comportamento pode variar em situações envolvendo o ambiente ou características do animal. No P5 (00:00 – 03:30h) o grupo Gir apresentou maior ($P < 0,01$) tempo em alimentação que os demais grupos genéticos, provavelmente tentando compensar seu consumo nos períodos anteriores, pois pelos dados apresentados, pode-se deduzir que a raça Gir apresentou menores bocados (tamanho e/ou número) e utilizou mais tempo para se alimentar, pois seu CMS foi menor, mas com o mesmo tempo (minutos/dia) de alimentação, porém, maior tempo por kg MS consumida.

O comportamento de ingestão de água não possuiu padrão de distribuição bem definido entre as raças. Provavelmente a metodologia utilizada para avaliação desse comportamento especificamente não é a mais adequada, visto que o animal permanece por curto período nessa atividade, sendo que provavelmente 10 minutos de intervalo entre observações não foram suficientes para adequada verificação, o que se conclui pelo elevado coeficiente de variação (50,4%). A atividade de ruminação (minutos/kg MS; minutos/kg FDN) foi maior para a raça Gir. Deswysen et al. (1993) observaram que a duração do tempo de ruminação é independente do PV e negativamente relacionada ao consumo voluntário, fato observado no presente experimento. Na atividade de ruminação, pode-se observar que a distribuição ao longo do dia é homogênea, sendo menor durante os períodos de alimentação. Durante o P2 (12:00 – 15:50h), período após a alimentação da manhã, Holandês e F1 ruminaram por tempo maior ($P < 0,05$) do que o Gir, provavelmente porque se alimentaram mais rápido e iniciaram essa atividade antes do que o Gir. Pereira et al. (2009) trabalhando com novilhos Holandês (300kg PV) alimentados com feno de Tifton (5mm de tamanho de partícula) e concentrado (60:40), encontraram valores de 53,95 minutos/kg MS e 89,00 minutos/kg FDN, resultados muito próximos ao encontrado no presente experimento para o grupo Holandês. A ruminação ocorreu principalmente durante a noite, horário em que comumente a temperatura do ar é mais amena, sendo que 62% da atividade de ruminação concentraram dentre as 20h até às 8h da manhã. Período também que concentrou 65% da posição deitado entre os grupos, ou seja, os animais ruminaram e descansaram mais durante a noite. A atividade de ócio foi distribuída ao longo do dia, não havendo diferenças significativas. Os animais Gir permaneceram por maior ($P < 0,05$) período de tempo em posição de estação (em pé) do que os animais dos demais grupos, conseqüentemente, os animais F1 e Holandês permaneceram por um período de tempo maior ($P < 0,05$) em posição deitada, ou seja, descansaram por tempo mais prolongado. Durante o P5 (00:00 – 03:50), os animais F1 e Holandês permaneceram por maior ($P < 0,05$) período de tempo em decúbito que o Gir, que durante esse período estava se alimentando. Pode-se deduzir que o Gir descansou menos e despendeu maior quantidade de tempo, conseqüentemente energia, em atividade de ruminação e alimentação. Forbes (2003) relata que a necessidade de energia para manutenção de um animal em pé, é superior em 16,% com relação a um animal deitado. O ARC (1980) comenta elevação de até 70% na emissão de calor em um estado de maior vigília. De acordo com Brandes (1999), o conforto é fundamental para que o animal possa expressar seu potencial genético produtivo. Segundo ele, vacas quando deitadas são mais produtivas pois nessa posição, estando em ruminação,

ocorre maior secreção de saliva e maior circulação sanguínea para a glândula mamária, além de que, quando deitado, há o alívio do peso corporal sobre patas e articulações.

Não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) para o peso vivo inicial (PVi) entre os grupos experimentais, com valor médio de 402 kg. Para o peso vivo final (PVf) essa diferença foi significativa ($P<0,01$), sendo que os animais dos grupos F1 e Holandês apresentaram PVf superiores aos animais Gir. O GMD foi maior ($P=0,01$) para o Holandês em relação ao Gir.

Tabela 7. Avaliação do desempenho de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir confinadas, alimentadas com dietas a base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado durante período de 84 dias

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
PVi (kg)	391,17	412,83	403,83	3,83	>0,05
PVf (kg)	417,26b	447,31a	445,75a	4,81	0,007
GMD (kg/dia)	0,636b	0,841ab	0,950a	0,05	0,013
EA (kg PV ganho/kg MS)	0,087	0,091	0,094	0,004	>0,05

¹Erro padrão da média, n=18. MS=matéria seca; PVi=peso vivo inicial; PVf=PV final; GMD=ganho médio diário; EA=eficiência alimentar (kg de PV ganho/kg de MS ingerida).

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência alimentar (EA) foi semelhante ($P>0,05$) entre os tratamentos, uma vez que os animais estavam em regime alimentar *ad libitum*. Os animais passaram por um período de adaptação de 70 dias para a prova de desempenho, além de que, no período anterior ao experimento (até 120 dias antes), as novilhas estavam em regime de manutenção ou baixo ganho (200g/animal/dia). Uma restrição alimentar nesse período poderia levar os animais alimentados *ad libitum* a um ganho compensatório durante o período avaliado, o que aumentaria sua EA, fato este que provavelmente não ocorreu. Embora o GMD do grupo Holandês tenha sido maior ($P=0,013$) do que o Gir, o CMS também foi maior ($P<0,001$), resultando na equidade da eficiência alimentar, visto que as digestibilidades foram semelhantes ($P>0,05$).

Ferreira (2014), trabalhando com novilhos F1 (Holandês x Gir) alimentados com silagem de milho e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 58:42, não encontrou diferença na eficiência alimentar (0,15 kg PV/kg MS) entre os grupos de médio (0,81 kg/dia) e alto ganho de peso (1,10kg/dia).

Na tabela 8 tem-se o balanço aparente de nitrogênio (N) das novilhas dos três grupamentos genéticos avaliados.

Tabela 8. Balanço aparente de nitrogênio (N) em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir, confinadas e alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Unidade	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
		Gir	F1	Holandês		
N ingerido	g/dia	142,32b	179,98a	196,18a	6,045	<0,001
	g/kg PV ^{0,75}	1,58b	1,91a	2,10a	0,06	<0,001
N excretado						
Fezes	g/dia	36,97b	51,22a	56,03a	2,434	<0,001
	g/kg PV ^{0,75}	0,41b	0,54a	0,60a	0,025	<0,001
Urina	g/dia	40,01b	50,56a	47,92a	1,154	<0,001
N retido	g/dia	65,34b	78,70b	92,22a	3,358	<0,001
DAN	g/kg MS	739,72	716,22	714,83	0,006	>0,05
N retido/N ingerido		0,46	0,43	0,47	0,008	>0,05

¹Erro padrão da média, n=18. MS=matéria seca; N=nitrogênio; DAN=digestibilidade aparente do nitrogênio;

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A ingestão de N aumentou (P<0,001) com a ingestão de MS e apresentou valores médios de 142,32; 178,98 e 196,18 g/dia para os tratamentos Gir, F1 e Holandês, respectivamente. O aumento do CMS também levou a maiores (P<0,001) perdas de N nas fezes, com os tratamentos F1 e Holandês apresentando maiores perdas fecais de N (média de 56,63g/dia ou 0,57 g/kg PV^{0,75}), correspondendo ao Gir um valor 38,5% e 51,6% menor que a perda fecal obtida para os tratamentos F1 e Holandês, respectivamente. O N retido foi maior (P<0,001) para o Holandês em relação ao Gir e F1. Não houve diferença (P>0,05) para a digestibilidade aparente do N (DAN) e para a relação do N retido e ingerido entre os tratamentos.

A menor excreção de N por parte do Gir, possivelmente foi consequência do menor consumo de MS apresentado por esses animais, uma vez que as dietas eram isoprotéicas. Por outro lado, a relação entre o N retido e ingerido não foi diferente (P>0,05) entre os grupos genéticos. Rennó et al. (2008) avaliaram o balanço de N de novilhos Holandeses, Zebu e mestiços, alimentados com dietas baseadas de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e

concentrado. Os autores encontraram valores de ingestão, excreção e retenção de N para o zebuíno, inferiores aos demais grupos genéticos.

A perda metabólica fecal é proveniente da incompleta reabsorção dos nutrientes perdidos pela descamação e pela secreção enzimática do TGI. Esta perda pode ser alterada pelo tipo e quantidade de alimento ingerido, bem como pelo tamanho e atividade do TGI. Ezequiel (1987) estimou as exigências de proteína metabolizável para manutenção, de 1,72 e 4,28 g/PV^{0,75} para novilhos Nelore e Holandês, respectivamente. Isto sugere que a perda através da excreção de metabólitos endógenos em bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) seja inferior à de bovinos Holandeses (*Bos taurus taurus*), fato observado no presente experimento pela menor excreção fecal de N por parte do Gir.

As excreções médias de N obtidas por Lage (2011) foram similares às descritas por Rennó et al. (2008), cujo valor foi 28,7 mg/kg, sendo de 28,72 mg/kg para animais F1 (Holandês x Gir) e de 27,04 mg/kg para animais Zebu, sendo os valores utilizados para estimar a produção urinária, corrigindo para o PV.

Em relação a perda de N urinário estimado, o valor foi menor ($P < 0,001$) para o Gir em relação ao Holandês e F1. O ARC (1980) faz uma breve menção de que animais *Bos taurus indicus* apresentam menor perda de N urinário endógeno em relação aos *Bos taurus taurus*. Chen e Orskov (2003) sugerem perdas de N endógeno de 0,147 e 0,385 mmol/PV^{0,75}, para zebuínos e taurinos, respectivamente. Este fato pode ser devido a uma maior recuperação de derivados de purinas por parte dos animais Zebu, sendo a saliva e o leite, as principais rotas não-renais para excreção desses derivados (Valadares Filho et al., 2010). Rennó et al. (2008) encontraram maior excreção de N urinário para o F1 (Holandês x Gir) e Holandês (71,5g/kg PV^{0,75}) em relação ao Gir (35,28g/kg PV^{0,75}).

O maior tempo de ruminação, além do menor consumo proteico, pode ter colaborado para essa menor excreção urinária de N por parte do Gir. Hunter e Siebert (1985) descrevem uma maior concentração de N plasmático em animais Brahman (*Bos taurus indicus*) em relação aos Herefords (*Bos taurus taurus*) de pesos e dietas similares. Essa diferença, segundo os autores, pode ser interpretada como uma “superior” habilidade dos zebuínos em reciclar N no rumen. Todos estes fatos corroboram com os dados encontrados, apesar não ter sido medida a reciclagem via saliva. Da mesma forma, pode-se sugerir que o Gir pode ter sido menos dependente do N da dieta por causa da maior reciclagem de N, fato este demonstrado pelo

maior ($P<0,01$) tempo despendido (minutos/kg MS) na atividade de ruminação, consequentemente, a relação entre o N ingerido e o retido não foi diferente.

O balanço de N demonstrou menor retenção ($P<0,01$) por parte do Gir. Este efeito pode ter sido em decorrência do menor aporte de compostos nitrogenados no abomaso, resultando em menor retenção de N no organismo animal, uma vez também que houve menor ($P<0,01$) excreção de N fecal por parte do Gir. Outro ponto seria o maior ($P<0,001$) CMSD por parte dos grupos Holandês e F1, colaborando com maior aporte de nutrientes, consequentemente, maior quantidade de proteína microbiana chegando ao intestino delgado. Outro ponto a ser considerado na retenção de N, seria que os animais Holandês e F1 apresentavam, pelo estágio fisiológico de crescimento, maior deposição proteica do que o Gir, ao contrário desse último, que por estar com condição corporal mais avançada, provavelmente possuía um ganho de peso com alta participação do tecido adiposo.

CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, concluiu-se que:

1. A raça Gir apresentou menor consumo de MS, nutrientes e energia em relação às raças F1 e Holandês.
2. As novilhas das raças Gir, F1 e Holandês, não apresentaram diferenças nos valores de digestibilidade da MS, nutrientes e da energia.
3. O ganho médio diário (GMD) foi maior para o Holandês (0,950kg) em relação a Gir (0,636kg). A raça F1 apresentou GMD equivalente entre as raças (0,841kg).
4. As novilhas das raças Gir, F1 e Holandês apresentaram igual eficiência alimentar (0,091; kg PV ganho/kg MS consumida).
5. A raça Gir apresentou menor excreção de nitrogênio (N) e a raça Holandês maior retenção de N. A relação entre o N ingerido e retido foi igual entre as raças (0,45).
6. O tempo utilizado em atividades de alimentação, ruminação e mastigação (minutos/kg MS; minutos/kg FDN), foi maior para a raça Gir.
7. As novilhas da raça Holandês e F1 permaneceram por mais tempo deitadas do que as novilhas Gir.
8. O estudo no Brasil relacionado ao consumo, digestibilidade, desempenho e comportamento ingestivo, carece de dados em relação a fêmeas bovinas com aptidão

leiteira, principalmente para animais Gir e F1, sendo necessárias mais pesquisas a respeito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). *The nutrient requirements of ruminant livestock*, London: The Gresham Press, 1980. 351p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 13th. Washington: AOAC, 1980, 1015p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 16th. Washington: AOAC, 1995, 2000p.

B.I.F. *Beef Improvement Programs – Guidelines*. Ninth Edition, 2010. 183p.

BORGES, A.L.C.C. *Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa*. 2000. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BRANDES, C. *Kuhkomfort ist Voraussetzung für hohe Leistungen*. DLG-Verlag-GmbH. p.127-146. 1999.

CASTANHO, M.J.P. *Estimativa da função logística para dados de crescimento de bovinos*. 1994. 117p. Dissertação – Mestrado em Matemática, Londrina, PR, Universidade Estadual de Londrina.

CHEN, X.B.; ORSKOV, E.R. Research on urinary excretion of purine derivatives on ruminants: past, present and future. *United Kingdom: International Feed Research Unit*, p.1-34. 2003.

CLÍMACO, S.M.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L.D.F.; BARBOSA, M.A.A.F.; BRIDI, A.M. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.7, p.1562-1567, 2011.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (CSIRO). *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 266p.

COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livrocetes, 1979. 380p.

COELHO, J.G.; BARBOSA, P.F.; TONHATI, H.; FREITAS, M.A.R. Análise das relações da curva de crescimento e eficiência produtiva de vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.12, p.2346-2353, 2009.

DESWYSEN, A.G.; DUTILLEUL, P.A.; GODFRIN, J.P. Nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers fed grass or corn silage: analysis by finite fourier transform. *Journal Animal Science*, v.71, n.10, p.2739-2747, 1993.

EZEQUIEL, J.M.B. *Exigências de proteína e minerais de bovídeos: Frações endógenas*. 1987. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERNANDES, H.J.; PAULINO, M.F.; MARTINS, R.G.R.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; PAIVA, L.M.; MORAES, G.F.B.K. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não-castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2403-2411, 2004.

FERREIRA, A.L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. 2014. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli Sires. *Journal Animal Science*, v.76, n.2, p.647-657, 1998.

FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. *Journal of Dairy Science*, v.81, suppl.2, p.E139-E144, 2003.

FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Guildford, UK: Cab International, 1995. 532p.

FREITAS, A.F.; DURÃES, M.C.; TEIXEIRA, N.M. Curvas de crescimento de novilhas da raça Holandesa mantidas em regime de confinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.49, n.1, p.85-93, 1997.

GONÇALVES, L.C.; SILVA, J.F.C.; ESTEVÃO, M.M.; TORRES, R.A. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.4, p.384, 1991.

HEGARTY, R.S. Genotype differences and their impact on digestive tract function of ruminants: A review. *Aust. J. Exp. Agric.*, v.44, p.459-467, 2004.

HUNTER, R.A.; SIEBERT, B.D. Utilization of low-quality roughage by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. 2. The effect of rumen-degradable nitrogen and sulphur on voluntary food intake and rumen characteristics. *British Journal of Nutrition*, v.53, p.649-656, 1985.

INZUNZA, J.C. *Clasificación de los climas de Köppen*. Ciencia...Ahora. 2005; 15: 1-14.

LAGE, H.F. *Partição da energia e exigência de energia líquida para manutenção de novilhas Gir e F1 Holandês x Gir*. 2011. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

MENEZES, F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; KUSS, F.; ALVES FILHO, D.C., SILVEIRA, M.F.; LEITE, D.T. Órgãos internos e trato gastrointestinal de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.120-129, 2007.

MORAES, K.A.K. *Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, M.A.T.; FONTES, C.A.A.; LANA, R.P. Consumo alimentar e digestibilidade de rações com dois níveis de concentrado em bovinos de cinco grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.23, p.667-677, 1994.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P. HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal Animal Science*, v.71, p.3138-3150. 1993.

PEREIRA, E.S.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; VILLARROEL, B.S.; PIMENTEL, P.G. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo de bovinos da raça Holandesa alimentados com dietas contendo feno de Tifton 85 com diversos tamanhos de partícula. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.1, p.190-195, 2009.

PERON, A.J.; FONTES, C.A.A.; LANA, R.P. Tamanho de órgãos internos e distribuição da gordura corporal em novilhos de cinco grupos genéticos, submetidos a alimentação restrita e *ad libitum*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.5, p.813-819, 1993.

PEROTTO, D.; CASTANHO, M.J.P.; ROCHA, J.L.; PINTO, J.M. Descrição das curvas de crescimento de fêmeas bovinas Guzerá, Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.2, p.283-288, 1997.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; RENNO, F.P.; PAIXÃO, M.L. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.37, n.3, p.556-562, 2008.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. L.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C. A calorimetry system for metabolism trials. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 59, n. 2, p. 495 500, 2007.

SILVA, R.R. *Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos*. 2011. 59p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. (SAS®). Versão 9.1.3, User's Guide. Statistics. Statistical Analysis Systems Institute. Inc., Cary, NC. 2001.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG, 2010. 193p.

VAN SOEST, P. J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WEISS, W. P. *Energy prediction equations for ruminant feeds*. In: CORNELL 65 NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. Proceedings... Ithaca: Cornell University, 1999, p.176-185.

WESTON, R. *Animal factors affecting feed intake*. In Nutritional Limits to Animal Production From Pastures. Proceedings... Sta. Lucia: Queens, 1982. p.183.

ZIEBA, D.A; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G.M. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: a comparative review. *Domestic Animal Endocrinology*, v.29, p.166-85, 2005.

CAPÍTULO III

Partição energética, exigências nutricionais de energia e produção de metano em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar as exigências nutricionais de energia para manutenção e ganho de peso, bem como estudar a partição energética e a produção de metano por novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir. Utilizaram-se 18 novilhas, sendo seis de cada grupamento genético, com peso vivo inicial médio de 402 kg. Os animais foram mantidos em galpão de confinamento tipo *tie stall*, e alimentados individualmente com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 70:30, com base na matéria seca (MS). As dietas foram formuladas para possibilitar ganhos de 900 g/dia, sendo fornecidas *ad libitum*, mantendo-se sobras entre 10% a 15%. Os animais foram pesados quinzenalmente para determinação do ganho de peso diário e da conversão alimentar (EA). Simultaneamente, foram realizados ensaios de digestibilidade e metabolismo para determinação das perdas energéticas fecais, urinárias e por emissão de metano (CH₄), e da energia metabolizável (EM) da dieta. A produção de calor (PC), tanto dos animais em jejum quanto alimentados, foi determinada por calorimetria indireta com mensuração contínua do consumo de oxigênio (O₂) e da produção de dióxido de carbono (CO₂) e CH₄. A partição energética foi determinada subtraindo-se da energia bruta (EB) consumida as perdas energéticas oriundas das fezes, urina e CH₄, além da PC diária. A energia retida (ER) foi obtida pela subtração da PC do CEM. A raça Holandês apresentou maiores (P<0,01) CEM (Mcal/kg PV^{0,75}) e GMD (kg/dia) em relação à Gir. Não houve efeito (P>0,05) do grupo genético sobre a EA (kg PV/kg MS). A PC em jejum e alimentado, expressa em Kcal/kg PV^{0,75}, respectivamente, foi maior (P<0,001) para o Holandês (113,24; 219,15), intermediária para o F1 (96,67; 162,03) e menor para o Gir (83,94; 131,95). Não houve efeito (P>0,05) do grupo genético sobre os quocientes respiratórios tanto em jejum quanto alimentado, sobre a metabolizabilidade (*q*) da dieta, na relação entre a EM e energia digestível (ED) e no balanço energético (4,67Mcal/dia). A produção de CH₄ (% CEB) foi menor (P<0,01) para o Gir. Não houve diferença (P>0,05) na produção de CH₄ em relação ao GMD. Não houve efeito (P>0,05) do grupamento genético sobre a partição energética da dieta, cujos valores,

expressos em Mcal/kg MS, foram de 4,13; 2,71; 2,28; 1,25 e 1,03, para EB, ED, EM, energia líquida para manutenção (EL_m) e EL_g (ganho), respectivamente. As exigências de energia líquida para ganho (EL_g) foram superiores ($P=0,05$) para a raça Gir (7,11Mcal/kg PV ganho) em relação ao Holandês (3,03Mcal/kg PV ganho), porém não houve diferença para as novilhas F1 (5,64Mcal/kg PV ganho).

Partição energética, exigências nutricionais de energia e produção de metano em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir

1 – INTRODUÇÃO

A energia não é considerada um nutriente, mas é necessária para os processos ou funções ligadas à regulação da temperatura corporal, aos processos metabólicos, atividade física, reprodução e produção. A energia é o maior limitante da produtividade animal e, em conjunto com a proteína, representam as frações de maior participação no custo da dieta. O conhecimento da composição química dos alimentos e seu valor nutritivo são imprescindíveis para atender às exigências nutricionais com maior eficácia. Dessa forma, determinar as exigências nutricionais de animais de diferentes categorias e raças é de fundamental importância para otimizar a utilização dos alimentos e reduzir os custos de alimentação.

No início de 1963, Lofgreen e Garrett descreveram o Sistema de Energia Líquida da Califórnia, baseando-se na técnica de abates comparativos. Este foi adotado pelo sistema americano NRC, modelo mais utilizado mundialmente para formular dietas e avaliar programas nutricionais.

Outros sistemas de alimentação foram desenvolvidos em países como França (INRA), Reino Unido (ARC e AFRC) e Austrália (CSIRO), os quais levaram em consideração as peculiaridades de cada sistema de produção. No Brasil, animais zebuínos e seus cruzamentos compõem a maior totalidade do rebanho nacional, diferentemente do modelo utilizado nos demais países, que utilizam taurinos. O NRC (2000) sugere que animais *Bos taurus taurus* necessitam de maior energia para manutenção e ganho de peso em relação aos *Bos taurus indicus*. Essa menor exigência de energia líquida de manutenção para animais zebuínos pode ser atribuída à menor massa dos órgãos internos e menor reciclagem de proteína desses animais em relação às raças taurinas (Valadares Filho et al., 2005).

As primeiras Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos foram publicadas por Valadares Filho et al. (2006), com base em um banco de dados de experimentos de bovinos de corte realizados em condições brasileiras. Entretanto, dados de exigências nutricionais de animais leiteiros no Brasil são escassos, assim como informações de produção de metano em condições tropicais. Neste sentido estudos precisam ser conduzidos para

aumentar o banco de dados e preencher lacunas ainda existentes em se tratando de animais de origem leiteira.

Trabalhos desenvolvidos por Lage (2011) e Silva (2011), são pioneiros nessa tentativa de determinar as exigências de animais zebuínos de origem leiteira, além de avaliarem a produção de metano em condições tropicais.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as exigências nutricionais de energia para manutenção e ganho de peso, bem como estudar a partição energética e a produção de metano em novilhas Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir).

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Local

Conforme descrito no tópico 2.1 do capítulo II.

2.2 – Animais Utilizados e Instalações Experimentais

Conforme descrito no tópico 2.2 do capítulo II.

2.3 – Dietas e Manejo Alimentar

Conforme descrito no tópico 2.3 do capítulo II.

2.4 – Determinação do Consumo

A dieta fornecida foi pesada duas vezes ao dia, antes do fornecimento aos animais, sendo as sobras pesadas diariamente, antes da alimentação da manhã. Amostras de 400 a 500g foram embaladas em sacos plásticos de 3 mm de espessura e congeladas em freezer à temperatura de -15°C , para posteriormente serem analisadas. O período de determinação do consumo correspondeu ao período de digestibilidade, que foi de 5 dias. O consumo de energia metabolizável (CEM) foi determinado pela diferença entre o consumo de energia digestível (CED) das perdas energéticas através da urina e metano (CH_4), sendo este último quantificado em câmara respirométrica.

2.5 – Desempenho Animal

Conforme descrito no tópico 2.5 do capítulo II, sendo que o período de determinação foi diferente. O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela diferença do peso vivo (PV) final e inicial dividido pelo número de dias do ensaio de digestibilidade, que durou 5 dias. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão kg ganho de PV/kg de matéria seca consumida no período.

2.6 – Ensaio de digestibilidade

Conforme descrito no tópico 2.6 do capítulo II.

2.7 – Processamento das amostras e análises laboratoriais

Conforme descrito no tópico 2.7 do capítulo II.

2.8 – Calorimetria indireta de circuito aberto e partição energética

Para a determinação do metabolismo basal, os animais foram submetidos a jejum alimentar de 72 horas, sendo que as mensurações na câmara ocorriam entre 48 e 72 horas. Durante a realização do jejum, os animais foram pesados pela manhã para a obtenção das correlações do PV com o PV após 48 e 72 horas de jejum (PV_{J48} e PV_{J72}).

Na mensuração da produção de calor (PC) e metano (CH₄) dos animais alimentados, os mesmos foram pesados antes e após a passagem pela câmara respirométrica. Neste período recebiam a mesma dieta oferecida durante ensaio de digestibilidade e desempenho.

Os volumes (L/dia) de oxigênio consumido, dióxido de carbono e CH₄ produzidos e o nitrogênio urinário excretado (NU, g/dia) foram utilizados para estimar a PC diária, conforme equação de Brower (1965): $PC = (3,866 \times VO_2) + (1,200 \times VCO_2) - (0,518 \times VCH_4) - (1,431 \times NU)$.

As condições internas da câmara durante as mensurações foram controladas por meio de um sistema automatizado de ar condicionado e umidificadores ou desumidificadores, sendo que as médias da temperatura e umidade no interior do equipamento foram de 23,5°C e 81,2%, respectivamente. Utilizou-se de um sistema de calorimetria indireta por meio da respirometria em circuito aberto, conforme descrito por Rodriguez et al. (2007).

A partição energética foi determinada subtraindo-se da energia bruta (EB) consumida as perdas energéticas oriundas das fezes, urina, CH₄ e da PC diária. A quantificação da energia perdida na forma de CH₄ foi realizada nos animais alimentados, assumindo-se a perda de 9,45 kcal/L CH₄ produzido (Brower, 1965). As concentrações energéticas da dieta em termos de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) (Mcal/kg MS), respectivamente foram obtidas pela razão entre o consumo de ED e EM, entre o consumo de MS, durante o ensaio de

metabolismo. A energia líquida de manutenção (EL_m) da dieta foi obtida pela diferença entre a EM da dieta do incremento calórico (IC:Mcal/MS consumida). A energia líquida para ganho (EL_g) da dieta foi obtida pela diferença entre a EM com a EL_m da dieta. A metabolizabilidade (q) da dieta foi calculada pela relação entre a energia metabolizável e a energia bruta ingerida, conforme o AFRC (1993).

2.9 – Procedimentos Estatísticos

Conforme descrito no tópico 2.9 do capítulo II.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de consumo e desempenho para os grupos Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir encontram-se na Tabela 1. O consumo de matéria seca (CMS) foi menor ($P < 0,001$) para o Gir. O consumo de energia metabolizável (CEM) e o ganho médio diário (GMD) tiveram a mesma resposta, apresentando menores ($P < 0,01$) valores para o Gir, intermediários para o F1 e maiores para o Holandês. O grupo Gir apresentou em relação ao Holandês, CEM e GMD, 26,0% e 48,7% inferiores, respectivamente. A EA não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos, apresentando valor médio de 0,092.

Tabela 1. Consumo e desempenho² de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 alimentadas com dieta³ à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
CMS (g/kg PV ^{0,75})	82,21b	97,61a	108,04a	3,06	<0,001
CEM (kcal/kg PV ^{0,75})	190,05b	218,61ab	239,72a	6,54	<0,01
GMD (kg/dia)	0,642b	0,843ab	0,955a	0,047	<0,001
EA (kg PV ganho/kg MS)	0,090	0,092	0,095	0,005	>0,05

¹Erro padrão da média, n=18. PV=peso vivo; PV^{0,75}=peso vivo metabólico; CMS=consumo de matéria seca; CEM=consumo de energia metabolizável, determinado em ensaio de metabolismo; GMD=ganho médio diário; EA=eficiência alimentar (kg de PV ganho/kg de MS ingerida).

²Consumo e desempenho avaliado durante período de digestibilidade (5 dias).

³Dieta composta por volumoso de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico, na proporção volumoso:concentrado de 70:30.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os animais em jejum, o consumo de O_2 ($L/kg PV^{0,75}$) diferiu entre os tratamentos, apresentando maior ($P<0,001$) valor para o Holandês, que representou consumo ($L/kg PV^{0,75}$) de O_2 18,7 e 29,5% superior aos tratamentos F1 e Gir, respectivamente. O consumo de O_2 pelos animais alimentados apresentou maior ($P<0,001$) valor para o Holandês, intermediário para o F1 e menor valor para o Gir. De maneira semelhante ao consumo de O_2 em estado alimentado, a produção de CO_2 e a produção de calor (PC), tanto alimentados quanto em estado de jejum, foram maiores ($P<0,01$) para o Holandês, intermediária para o F1 e menor para o Gir (Tabela 2).

Os quocientes respiratórios (QR) obtidos para os animais em estado de jejum (QR_j) e alimentado (QR_a) não diferiram ($P>0,05$) entre os grupos avaliados. O QR_j apresentou valor médio de 0,70 para os tratamentos avaliados. O valor médio do QR_a foi de 0,88 (Tabela 2).

O O_2 no organismo é combinado com o carbono formando CO_2 , e esta combustão é fonte de calor no animal. Um dos principais agentes dessa combustão está no peso dos tecidos metabolicamente ativos como sistema nervoso, fígado e intestinos e o *turnover* proteico (Freetly et al., 2003). Garrett (1980) relata que os grupos raciais teriam diferenças nesse *turnover* proteico. Ou seja, zebuínos teriam menor consumo de O_2 do que taurinos, com reflexo na menor PC, fato verificado no presente experimento.

A PC_j do Holandês foi 25,8 e 14,6% superior aos grupos Gir e F1, respectivamente. Blaxter e Wainman (1966) encontraram valor para a PC_j para o Ayrshire 20% superior em relação ao Angus e 6,0% em relação ao cruzado (Ayrshire x Angus). Ferrell e Jenkins (1985) relatam PC_j 19% superior para o Simental em relação ao Hereford. Silva (2011) avaliando a PC_j de novilhas (PV médio 296kg), alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) em nível de manutenção, encontrou valores muito próximos aos encontrados no presente experimento, sendo a PC_j de 85,2 e 102,3kcal/ $PV^{0,75}$, para o Gir e F1 – Holandês x Gir respectivamente, sendo o valor superior ($P<0,05$) para o F1. Já Lage (2011) não encontrou diferença na PC_j para novilhas Gir e F1 (PV médio 450kg) alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) em nível de manutenção, apresentando valores de 76,83 e 92,02kcal/ $PV^{0,75}$, respectivamente. Em trabalho comparando fêmeas das raças Guzerá e Holandês, Borges (2000), utilizando a metodologia proposta por Lofgreen e Garrett (1968), obteve exigência de EL_m 20% inferior para novilhas Guzerá em relação as da raça Holandês.

Tabela 2. Trocas gasosas, coeficiente respiratório e produção de calor em novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir confinadas, alimentadas em dietas a base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
	Jejum				
Consumo de O ₂ (L/kg PV ^{0,75})	17,28b	19,94b	24,53a	0,84	<0,001
Produção de CO ₂ (L/kg PV ^{0,75})	12,00c	13,96b	16,78a	0,53	<0,001
QR _j (Produção CO ₂ /Consumo O ₂)	0,70	0,70	0,70	0,009	>0,05
PC _j (Kcal/kg PV ^{0,75})	83,94c	96,67b	113,24a	3,15	<0,001
	Alimentado				
Consumo de O ₂ (L/kg PV ^{0,75})	27,15c	33,18b	45,53a	1,90	<0,001
Produção de CO ₂ (L/kg PV ^{0,75})	23,46c	29,62b	39,80a	1,69	<0,001
QR _a (Produção CO ₂ /Consumo O ₂)	0,86	0,89	0,89	0,008	>0,05
PC _a (Kcal/kg PV ^{0,75})	131,95c	162,03b	223,15a	9,04	<0,001

¹Erro padrão da média, n=18. PV=peso vivo; PV^{0,75}=PV metabólico; L=litros; O₂=gás oxigênio; CO₂=dióxido de carbono; QR_j=quociente respiratório em animais em jejum; QR_a=quociente respiratório em animais alimentados; PC_j=produção de calor em jejum; PC_a=produção de calor alimentado.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O requisito de manutenção pode variar por diversos fatores como o peso, o nível de produção, a atividade, o ambiente, a raça, o sexo, a condição fisiológica, nível nutricional, idade, temperatura, estação do ano e nutrição prévia (NRC, 1996). O local de deposição de gordura é um dos fatores que influencia essas exigências. A atividade metabólica do tecido adiposo interno parece ser maior do que a do tecido periférico, acarretando maiores necessidades (Mcal/PV^{0,75}) nos animais com maior acúmulo de gordura interna (como acontece nas raças taurinas) em comparação com os de gordura subcutânea, característica dos zebuínos (Fox e Black, 1984). Estes fatos corroboram com os resultados encontrados no presente experimento, onde os animais Gir, por apresentarem maior direcionamento à deposição de gordura periférica, apresentou menor (P<0,001) PC_j (EL_m) do que os demais grupos. O grupo F1, provavelmente por apresentar características de deposição intermediárias entre os dois grupos, apresentou EL_m intermediária entre o Gir e o Holandês, fato destacado pelo NRC (2000), onde discute que a EL_m para animais oriundos de cruzamentos entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* apresenta valor médio entre os grupos. Silva (2011), avaliando novilhas dos mesmos grupamentos genéticos, encontrando resultados próximos do

presente experimento, com valores ($P < 0,05$) de 85,2 e 102,3 Kcal/kg PV^{0,75}, respectivamente, para novilhas Gir e F1 – Holandês x Gir.

Fontes et al. (2005) citaram que parte das diferenças nas exigências entre diferentes raças se devem a variações nos tamanhos relativos dos órgãos e tecidos e do *turnover* proteico. A menor exigência de EL_m para animais zebuínos pode ser atribuída à menor atividade e tamanho desses tecidos internos, e menor reciclagem de proteína desses animais em relação às raças taurinas (Valadares Filho et al., 2005). A atividade metabólica celular é distinta entre os diferentes tecidos que compõe o corpo do animal. Embora representem apenas 8% a 14 % do peso animal, o trato gastrointestinal (TGI) e o fígado consomem aproximadamente metade da energia para manutenção (Seal e Reynolds, 1993), sendo considerados os tecidos de maior atividade metabólica, em função da alta taxa de *turnover* proteico e transporte iônico ativo, além do que, representam boa parte do consumo de oxigênio. Smith et al. (1973) mostraram que fígado, coração, tecidos do TGI e a glândula mamária, além da elevada atividade metabólica, são maiores em novilhas de origem leiteira, o que colabora em explicar em parte, a maior EL_m aos animais de maior potencial leiteiro.

Conforme CSIRO (2007) e NRC (1996), a menor necessidade de energia para manutenção em *Bos taurus indicus* se deve ao menor potencial genético de produção, que, por sua vez, é consequência de adaptação a condições ambientais menos favoráveis, que em parte é formada pelas necessidades de energia para manter a temperatura corporal. Abaixo da temperatura crítica inferior, o animal eleva a produção metabólica de calor e, ao contrário, acima da temperatura crítica, ocorre tentativa de dissipação do calor, ambas para manter a temperatura corporal constante. Para os dados de temperatura do ar, Pereira (2005) considera que os valores médios em nossas condições tropicais superam os limites da zona de conforto térmico para animais taurinos (0 a 16°C), sendo que para animais mestiços (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) e zebuínos, os valores limites seriam de 5 a 31°C e 10 a 27°C, respectivamente. Este efeito de temperatura também colabora para uma maior necessidade de energia para manutenção dos animais do grupo Holandês devido a nossas condições tropicais, visto que a temperatura na câmara respirométrica apresentou média de 23°C. Com isso, pode ter ocorrido maior gasto energético por parte dos animais Holandeses na termorregulação.

O plano de nutrição sobre o metabolismo de manutenção tem sido associado a variações na taxa metabólica tecidual. Williams e Jenkins (2003) relatam que a massa visceral e a PC são

influenciadas pelo plano nutricional anterior, sendo que se espera que animais em restrição possuam uma menor exigência de manutenção.

O animal em manutenção gasta energia em atividades como ingestão e digestão de alimentos, custos esses que não ocorrem durante o estado de jejum imposto para mensurar a exigência de EL_m . Ferreira (2014) avaliando a PC_j de machos F1 – Holandês x Gir em planos nutricionais de baixo, médio e alto ganho, encontrou valores de 107,9, 112,1 e 133,3 kcal/kg $PV^{0,75}$, respectivamente, ou seja, EL_m maior ($P < 0,001$) no grupo de alto desempenho, demonstrando efeito do plano nutricional. No presente experimento, a PC_j foi conseguida após longo período (100 dias) em período de manutenção, possivelmente o plano nutricional não tenha tido efeito sobre essa variável.

Os dados encontrados no presente trabalho estão de acordo com os comitês de alimentação animal (NRC 2000; CSIRO 2007 e CNCPS (Fox et al., 2004) que consideram os valores de EL_m de animais mestiços intermediários aos valores das raças puras que originaram o cruzamento. Os valores encontrados para a EL_m são superiores aos 77 kcal/kg $PV^{0,75}$ /dia obtido por Lofgreen e Garrett (1968) e adotado pelo NRC (2000). Esse menor valor absoluto pode ser devido, além do tipo de animal utilizado pelos autores que foi de corte, pois animais de aptidão leiteira apresentam maior potencial de PC, da obtenção dos dados por regressão, fatos que podem ter colaborado para esse valor.

O aumento ($P < 0,001$) da perda de EB fecal (Mcal/dia) coincide como o aumento do CMS, fato que não aconteceu quando expressa em % da EB consumida. A perda de EB fecal (Mcal/dia) para os grupos F1 e Holandês, foi 41% maior do que a do Gir (Tabela 3).

Além da maior ($P < 0,05$) produção fecal obtida para os grupos Holandês e F1 (3,53 kg MS/dia), em comparação ao Gir (2,54 kg MS/dia), outro fator que contribuiu para a maior perda energética fecal foi a maior ($P < 0,05$) concentração de EB nas fezes apresentada por estes grupos (4,01 Mcal/kg MS) em relação ao Gir (3,90 Mcal/kg MS). A perda metabólica fecal é proveniente da incompleta reabsorção dos nutrientes perdidos por descamação e secreção enzimática do TGI, podendo ser alterada pelo tipo (que não foi o caso pois a dieta era a mesma) e quantidade de alimento ingerido, bem como pelo tamanho e atividade do TGI. Estes fatos justificam as observações feitas por Ezequiel (1987), que estimou as exigências de proteína metabolizável para manutenção de novilhos Nelore (1,72g/kg $PV^{0,75}$) e Holandês (4,28 g/kg $PV^{0,75}$), o que sugere que a perda através da excreção de metabólitos endógenos em *Bos taurus indicus* seja inferior à de *Bos taurus taurus*. A maior excreção endógena leva a

uma maior perda líquida de aminoácidos. O grupo Gir (0,41g N/kg PV^{0,75}) apresentou menor (P<0,001) perda fecal de nitrogênio em relação ao Holandês e F1 (0,57g N/kg PV^{0,75}), fato que corrobora com a literatura e melhor esclarece a maior perda fecal de EB por parte dos grupos F1 e Holandês. Ao se realizar as correlações entre EB perdida nas fezes com suas concentrações de PB, EE e MO, também nas fezes, observamos significância (P<0,0001) para todas as variáveis e forte correlação (r = 0,98; 0,90 e 0,99), respectivamente. Estes resultados apoiam a maior perda fecal de EB por parte dos grupos F1 e Holandês, sendo um dos contribuintes o maior *turnover* proteico e maior descamação de tecido. Chizzotti (2007) encontrou valores de 2,3 g PM/kg PV^{0,75} (animais Nelore) contra 3,8 g PM/kg PV^{0,75} sugerido pelo NRC (2000), resultado este que segundo o autor foi devido às menores taxas de degradação e *turnover* proteico para *Bos taurus indicus* em relação aos *Bos taurus taurus*.

As perdas energéticas pelas fezes são refletidas na ED. A ED ingerida pelas novilhas Holandês e F1 foi significativamente maior que para as novilhas Gir. O consumo de energia digestível (CED), reflexo das perdas energéticas fecais, ocorreu como o CEB, porém, o grupo F1 não se diferenciou (P>0,05) das demais raças, tendo o Holandês em relação ao Gir, CED 31,0% superior (P<0,001). O valor médio de 34,3% corresponde à proporção de EB que foi perdida nas fezes para os grupos genéticos avaliados, e está bem próximo do valor sugerido por Johnson et al. (2003) para vacas de corte confinadas, que foi de 30,0%. Lage (2011) encontrou valores (P>0,05) de 39,3 e 38,3% de EB fecal (% CEB) para novilhas Gir e F1 (Holandês x Gir), respectivamente, resultados condizentes com o presente experimento.

De maneira similar, maiores perdas de EB na forma de metano (CH₄; Mcal/dia), resultantes de maiores produções diárias desse gás, foram obtidas (P<0,001) para os grupos Holandês e F1 (2,68 Mcal/dia), valor 84% superior em relação ao Gir (1,45 Mcal/dia). Da mesma forma, a perda de EB na forma de CH₄ expressa em %CEB, acompanhou o CEB, representando maiores (P<0,001) perdas para o F1 e Holandês (6,70%) em relação ao Gir (4,75%).

O consumo de energia metabolizável (CEM) apresentou a mesma tendência dos consumos de EB e ED, apresentando maiores valores (P<0,001) para o F1 e Holandês (21,34 Mcal/dia), sendo 24,0% superior ao CEM do Gir (17,21 Mcal/dia). O CEM foi superior (P<0,001) para esses dois grupos em função do maior consumo de MS (102,8 g/kg PV^{0,75}) em relação ao Gir (82,2 g/kg PV^{0,75}). Logo, em relação ao Gir, menores CMS geraram menores CEM e, portanto, menores PC e ganhos de peso. O nível de produção é proporcional à ingestão de

EM, que, por sua vez é também proporcional à exigência de energia para manutenção (CSIRO, 2007). A PC é maior em animais com elevação do plano nutricional, principalmente devido à elevação do metabolismo envolvido na síntese (energia retida). Similarmente, Willians e Jenkins (2003) afirmaram que as necessidades de manutenção estão associadas com a elevação das funções vitais e, com isso, a PC é direcionada pela quantidade de EM consumida. Essas informações coincidem com os achados no presente experimento.

A metabolizabilidade da dieta (q) não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos, apresentando valor médio de 0,55. O mesmo ocorreu com a relação entre EM/ED ($P>0,05$), que apresentou valor médio de 0,83. Logo, a eficiência de utilização da EM, expressa em q não foi afetada pelo grupo genético. Na medida em que a densidade energética da dieta aumenta, ocorre um aumento nos valores de q . Reid et al. (1980) citam que a metabolizabilidade da dieta tem seu valor estabelecido em função da qualidade da dieta e do balanço energético ao qual o animal está submetido. Os animais receberam a mesma dieta e não houve diferença na digestibilidade da MS e dos nutrientes, assim como no BE, fatores condizentes pela não diferença ($P>0,05$) observada na metabolizabilidade.

Tabela 3. Balanço energético de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir alimentadas com dietas à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
CEB (Mcal/dia)	30,28b	38,19a	41,36a	1,25	<0,001
EB Fecal (Mcal/dia)	9,92b	13,46a	14,52a	0,56	<0,001
EB Fecal (%CEB)	32,82	35,24	35,11	0,68	>0,05
CED (Mcal/dia)	20,37b	24,73ab	26,84a	0,79	<0,001
EB Urina (Mcal/dia)	1,70b	1,84a	1,81a	0,03	<0,05
EB Urina (%CEB)	5,66a	4,83b	4,34b	0,18	<0,001
EB Metano (Mcal/dia)	1,45b	2,47a	2,89a	0,17	<0,001
EB Metano (%CEB)	4,75b	6,43a	6,98a	0,30	<0,001
CEM (Mcal/dia)	17,21b	20,42a	23,06a	0,66	<0,001
q (EM/EB)	0,57	0,54	0,54	0,008	>0,05
EM/ED	0,84	0,83	0,83	0,005	>0,05
PC (Mcal/dia)	11,88c	15,19b	20,03a	0,86	<0,001
PC (%CEB)	39,56b	39,94b	49,03a	1,41	<0,001
BE (Mcal/dia)	5,33	5,23	3,46	0,58	>0,05

¹Erro padrão da média, n=18. EB=energia bruta; ED=energia digestível; EM=energia metabolizável; CEB=consumo de energia bruta; CED=consumo de energia digestível; CEM=consumo de energia metabolizável (determinado em ensaio de metabolismo pela diferença do CED das perdas energéticas através da urina e metano, este último quantificado

em calorimetria em nível de alimentação); q =metabolizabilidade da dieta; PC=produção de calor diária; BE=balanço energético.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de calor diária (PC) em Mcal/dia foi maior ($P<0,001$) para o Holandês (70 e 33% superior em relação ao Gir e F1, respectivamente), intermediária para o F1 (27% superior ao Gir) e menor para o grupo Gir. Parte dessa diferença foi devida ao maior CED nos animais do grupo Holandês, seguido pelos F1. Parte dessa diferença foi também devida à EL_m , que também apresentou a mesma tendência entre os grupos, sendo maior para o grupo Holandês, intermediária para o F1 e menor para o Gir ($P<0,01$). A PC em função da percentagem da EB consumida foi maior ($P<0,001$) para o Holandês (49,03%), sendo este valor 23% superior ao valor médio (39,75%) dos grupos F1 e Gir, que foram semelhantes entre si. Este fato pode ser relacionado com os níveis de produção, sendo que quanto maior o nível, menor a fração do consumo de EM utilizada para manutenção, e maior quantidade de EM disponível para a produção.

O balanço energético (BE) ou energia retida (ER), calculado pela diferença entre o CEM e a PC, não apresentou diferença ($P>0,05$) entre os grupos genéticos, apresentando valor médio de 4,67Mcal/dia. As mudanças nas proporções dos tecidos e em sua composição química, conforme Owens et al. (1993), são influenciadas por diversos fatores, que interagem entre si, como a raça, o peso adulto, o consumo de energia e o crescimento relativo de tecidos, estando todos envolvidos no BE. Os animais zebuínos por apresentarem menor peso adulto e menor *frame*, acumulam gordura mais precocemente do que animais taurinos (Owens et al., 1993). Os ganhos de peso em que ocorre alta deposição de gordura são menos eficientes em relação à conversão dos alimentos, sendo o valor calórico da gordura e proteína de 9,367 e 5,686 Mcal/kg, respectivamente (NRC 2000). Com isso, mesmo os animais do grupo Gir tendo apresentado menor PC e CEM, o BE entre as raças não apresentou diferença ($P>0,05$), provavelmente devido ao maior conteúdo energético em seu ganho de peso, por apresentar estágio mais avançado em sua maturidade fisiológica. Além do que, essa variável apresentou elevado coeficiente de variação (52,41%).

De acordo com Van Soest (1994), as perdas de energia pela urina são relativamente constantes e podem variar de 3% a 5% da EB ingerida, enquanto as perdas pela produção de CH_4 encontram-se entre 5% e 12% do CEB, valores condizentes com os resultados obtidos.

Lage (2011) encontrou valores para perdas de energia pela urina (% CEB) de 5,50% e 6,16% para novilhas F1 – Holandês x Gir e Gir, respectivamente. A menor ($P < 0,01$) perda de EB na urina por parte do Holandês e F1 pode ser devida ao maior CED. A menor perda de EB na urina por parte do Gir possivelmente é decorrência da menor perda de NU, que por sua vez é decorrente do menor CPB.

Para animais de corte em consumo *ad libitum*, Johnson e Johnson (1995) relataram valores comumente observados para perdas por CH_4 de 3,0% a 7,0% do CEB, valores condizentes aos do presente trabalho. As maiores perdas de EB na forma de CH_4 , resultantes da maior produção desse gás, são decorrentes do maior CMS e CMSD. Dois mecanismos principais responsáveis pela grande variação nas perdas energéticas por CH_4 no ruminante seriam, a quantidade de carboidrato da dieta fermentada no rumen, e o suprimento de hidrogênio disponível e subsequente produção de CH_4 através da taxa de produção de ácidos graxos voláteis, principalmente a relação de ácido propiônico/ácido acético (Wolin e Miller, 1988).

Garrett (1980) mencionou a relação entre EM/ED de aproximadamente 0,82. Este valor é utilizado pelo NRC de corte e leite (NRC, 2000; NRC, 2001). O AFRC (1993) reportou essa relação de 0,81 a 0,86. Os valores obtidos no presente experimento estão dentro do observado na literatura, com valor médio de 0,83. Relações mais elevadas, de 0,89 a 0,92, foram encontradas por Hales et al. (2013) em novilhos em terminação, em dietas com elevado teor de amido. Ferreira (2014) encontrou valor médio de 0,86 para a relação EM/ED em novilhos machos F1 – Holandês x Gir, avaliando diferentes níveis de alimentação. Lage (2011) observou valores ($P > 0,05$) de 0,81 e 0,80 para a relação EM/ED em novilhas Gir e F1 – Holandês x Gir, respectivamente, alimentadas exclusivamente com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*). Para forragens tropicais, que tipicamente apresentam menor disponibilidade de energia para o animal, a relação EM/ED estaria mais próxima de 0,81, enquanto que valores maiores que 0,85 seriam mais característicos de cereais e grãos (CSIRO, 2007). Segundo o NRC (2000), esta relação pode variar consideravelmente em função do nível de consumo, idade do animal e tipo de alimento, o que todos esses dados citados anteriormente dão suporte aos valores encontrados no presente experimento.

Avaliando os dados de CEM (Gir: 17,21 Mcal/dia; F1: 20,42Mcal/dia) e considerando PV e GMD próximos aos encontrados para cada grupo genético, com as recomendações de Valadares Filho et al. (2010) para Nelore (17,96 Mcal/dia) e cruzados (21,09 Mcal/dia),

observam-se valores muito próximos. Vale salientar que os dados de Valadares Filho et al. (2010) são oriundos principalmente de animais machos, sendo somente 14% de fêmeas, e os autores não utilizaram Gir e cruzados (Holandês x Gir) em seu banco de dados. Lage (2011) também encontrou maior ($P < 0,05$) CEM em novilhas Holandês x Gir (17,01 Mcal/dia) em relação às Gir (13,48 Mcal/dia), alimentadas exclusivamente com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*).

A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) é obtida a partir da relação entre as exigências líquidas e metabolizáveis de energia para manutenção, ou seja, $k_m = EL_m/EM_m$. Devido a ausência do CEM_m , não foi possível sua determinação, mas foi realizada sua estimativa através do proposto por Marcondes et al. (2010), adotada por Valadares Filho et al. (2010), através da equação: $k_m = 0,513 + 0,173 \times k_g + a \times GPCVZ$ (onde a é igual a 0,100 para animais zebuínos e 0,073 para animais cruzados *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) cujo valor médio foi 0,65 ($P > 0,05$). Valadares Filho et al. (2010) não evidenciaram efeito da raça ou sexo sobre essa variável, ao contrário do CSIRO (2007) que afirma que fatores como sexo, raça, idade e ambiente afetam a k_m . Ferrel e Jenkins (1998; 0,67), Tedeschi et al. (2002; 0,64), Freitas et al. (2006; 0,67), Chizzotti (2007; 0,67) e Lage (2011; 0,64), não observaram diferença sobre o k_m entre *Bos taurus indicus* e mestiços (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus taurus*). Porém, um dos grandes desafios para os modelos de exigências nutricionais constitui em determinar os fatores que afetam a k_m e as exigências de EM_m , tendo em vista que a PC é afetada pela taxa e pela composição do ganho de peso (Willians e Jenkins, 2003).

Em relação a ER (% do CEB), encontramos valores ($P > 0,05$) de 18,1, 14,6 e 8,5% para o Gir, F1 e Holandês, respectivamente. Esses baixos valores percentuais correspondem à elevada PC em relação ao CEM, correspondente a 69,0, 74,4 e 91,0%, respectivamente. Utilizando a equação do NRC (2000) para estimativa da ER ($ER = 0,0635 \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$), obtém-se os seguintes valores: 3,05, 4,16 e 4,59Mcal, respectivamente para Gir, F1 e Holandês. O NRC (2000) ainda recomenda a aplicação do fator de 18% na obtenção das exigências de EL_g para fêmeas.

As exigências de energia líquida para ganho (EL_g) foram superiores ($P = 0,05$) para a raça Gir (7,11Mcal/kg PV ganho) em relação ao Holandês (3,03Mcal/kg PV ganho), porém não houve diferença para as novilhas F1 (5,64Mcal/kg PV ganho) (Tabela 4).

Tabela 4. Exigências de energia líquida para ganho de peso (1kg/dia), expressas em Mcal/dia, de novilhas das raças Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir)

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
EL _g (Mcal/kg PV)	7,11a	5,64ab	3,03b	0,60	= 0,05

¹Erro padrão da média, n=18. EL_g=energia líquida de ganho, PV=peso vivo.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Castanho (1994) e Perotto (1997) relatam peso adulto para fêmeas Gir de 369kg e 383kg, respectivamente. Coelho et al. (2009) comentam que o peso adulto do Holandês no Brasil seria de 701kg. A maior necessidade de EL_g observada no Gir em relação ao Holandês, se deve, provavelmente, que os animais do grupo Gir apresentavam, ou estavam mais próximos ao peso adulto. Ao contrário, os animais Holandês ainda encontravam-se com menos de 60% do peso à maturidade de carcaça, sendo que o PV inicial foi semelhante (402,0kg; P>0,05) entre todas as raças. Já o grupo F1 apresentou características semelhantes entre os dois outros grupos.

Segundo Owens et al. (1993), o peso adulto é definido como o ponto (entre 34 a 37% de gordura no corpo vazio) de máxima deposição proteica e início do aumento da deposição de gordura. Tedeschi et al. (2002) sugeriram que a maturidade fosse representada pelo peso em que os animais Nelore atingissem 22% de extrato etéreo no corpo vazio. Valadares Filho et al. (2010) considerando o teor de 22% de extrato etéreo no corpo vazio como ponto de maturidade dos animais, seria obtido um peso de corpo vazio à maturidade de 464,6kg para animais Nelore e de 516,3kg para animais cruzados. Por esses autores, podemos deduzir que os animais zebuínos são mais precoces. Ou seja, os animais Gir e F1 nesse PV, estavam mais propensos à deposição de gordura do que os animais Holandês.

Valadares Filho et al. (2010) comentam que efeito do grupo genético sobre as exigências líquidas para ganho é atribuído aos diferentes pesos adultos e precocidade de deposição de gordura das diferentes raças. Dessa forma, para animais de mesmo peso absoluto e taxa de ganho são esperadas maiores concentrações energéticas no ganho de animais de raças de menor peso à maturidade em relação aos animais de raças de maturidade mais tardias.

Borges (2000) encontrou maior exigência de EL_g para Novilhas Guzerá (300kg PV) em relação às Holandês, com valores de 4,27 e 3,80 Mcal/dia/kg ganho PV, respectivamente. As

novilhas Guzerá apresentaram maior concentração de gordura no PCVZ em relação às Holandês. Paulino (1996), estudando machos inteiros (300kg PV) das raças Gir, Guzerá, Tabapuã e Nelore, verificou não existir diferença entre as raças zebuínas quanto à composição corporal. Gonçalves et al. (1991) encontraram maior concentração de gordura no ganho de novilhos Nelore, intermediário para mestiços Holandês x Zebu e menores valores em Holandês. O NRC (2000) sugere 4,96 Mcal/kg GPCVZ para animais de 400kg. Backes et al. (2005) não encontraram diferença ($P>0,05$) na EL_g para novilhos (400kg) Nelore e mestiços (Nelore x Angus), encontrando valor médio de 4,82 Mcal/kg GPCVZ. Chizzotti (2007) não encontrou diferença ($P=0,06$) para EL_g entre novilhos Nelore e F1 (Nelore x Angus), com respectivos k_g de 0,42 e 0,52 ($P>0,05$). O autor relata que o Nelore tende a apresentar maior EL_g devido à deposição de gordura precoce. Souza et al. (2012) não encontraram diferença ($P>0,05$) na EL_g para novilhas (400kg) Nelore e mestiças (Nelore x Angus), observando valores de 5,51 e 4,53 Mcal/kg GPCV, respectivamente. Todos esses fatos corroboram com os resultados encontrados no presente experimento, onde não houve diferença na EL_g entre zebuínos e mestiços, mas houve maior necessidade de EL_g para zebuínos em relação aos taurinos.

Para converter as exigências de EL para exigências de EM para ganho de peso, torna-se necessário conhecer a eficiência de utilização da EM para ganho de peso (k_g). Valadares Filho et al. (2006) determinaram valores de k_g de 0,35 para dietas com baixa proporção de concentrado (abaixo de 50%) e de 0,47 para dietas em que a proporção de concentrado foi superior a 50%. O acúmulo de energia no corpo vazio ocorre através da deposição de proteína e gordura, sendo que a eficiência de deposição de energia na forma de gordura é superior à de proteína (Oewns et al., 1995). O CSIRO utiliza a eficiência de deposição da proteína (k_{prot}) e da gordura (k_{gord}) como 45 e 75%, respectivamente. Logo, o k_g é determinado de acordo com a composição do ganho. Utilizando-se equações sugeridas por Valadares Filho et al. (2010), o k_g encontrado foi semelhante ($P>0,05$) entre as raças, apresentando valor médio de 0,45. Chizzotti (2007) afirmou que o k_g entre Nelore e F1 (Nelore x Angus) não foi diferente ($P=0,26$), apresentando valor médio de 0,44.

Não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) na avaliação da densidade energética da dieta entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Densidade energética (Mcal/kg MS) da dieta² experimental baseada em feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado, para novilhas das raças Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir)

Item	Tratamento			Média	EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês			
	Mcal/kg MS					
EB	4,14	4,13	4,12	4,13	0,002	P>0,05
ED	2,78	2,67	2,68	2,71	0,028	P>0,05
EM	2,35	2,27	2,22	2,28	0,033	P>0,05
EL _m	1,31	1,28	1,16	1,25	0,039	P>0,05
EL _g	1,04	1,00	1,06	1,03	0,024	P>0,05

¹Erro padrão da média, n = 18. EB = energia bruta; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EL_m = energia líquida de manutenção; EL_g = energia líquida de ganho.

²Dieta composta por volumoso de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado à base de milho, farelo de soja, farelo de trigo, ureia e núcleo mineral vitamínico, na proporção volumoso:concentrado de 70:30.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ARC (1980) reporta um valor médio de EB de alimentos para ruminantes de 4,40 Mcal/kg MS. Utilizando informações da tabela de composição nutricional de alimentos do NRC (2001), a dieta utilizada no presente experimento teria os valores de 2,88, 2,23, 1,48 e 0,90 Mcal/kg MS, para a ED, EM, EL_m e EL_g, respectivamente, sendo os valores relativamente parecidos com os resultados experimentais apresentados. Pela tabela de alimentos de Valadares Filho et al. (2010), os valores seriam de 2,88 e 2,36 Mcal/kg MS, para ED e EM, respectivamente.

Em relação aos nutrientes digestíveis totais (NDT), o cálculo do NRC (2001) apresentou valor de 63,4%, enquanto pela equação de Weiss (1999) e pela relação de 1 kg NDT = 4,4 Mcal ED (NRC, 2000), a dieta apresentou valores médios de 61,0 e 56,0%, respectivamente. Pelo método calculado por Valadares Filho et al. (2010), o valor de NDT da dieta seria de 63,0%. Vale salientar que a qualidade dos volumosos nas regiões temperadas é diferente das regiões tropicais, daí a importância da avaliação em condições experimentais tropicais.

Os consumos de NDT, tanto expressos pela equação de Weiss (1999) quanto pela relação de 1 kg NDT = 4,4 Mcal ED (NRC, 2000), apresentaram a mesma tendência entre os diferentes grupos genéticos avaliados, ou seja, ambas metodologias foram eficientes em expressar a energia consumida entre os Grupos Gir, Holandês e F1.

Veras et al. (2001), utilizando dietas com concentrações de EM oscilando de 2,11 a 2,59 Mcal/kg MS, encontraram valores de EL_m e EL_g que variaram de 1,19 a 1,46 e 0,95 a 1,63

Mcal/kg MS, respectivamente, valores próximos ao presente experimento. Lage (2011) não encontrou diferença na densidade energética das dietas (feno de Tifton 85 – *Cynodon dactylon*) para novilhas Gir e F1 – Holandês x Gir, encontrando valores médios de 4,43, 2,71, 2,18 e 1,40 Mcal/kg MS, respectivamente para EB, ED, EM e EL.

Os resultados encontrados, juntamente com a literatura citada, mostraram que as dietas foram aproveitadas da mesma forma, independente do grupamento genético avaliado, sendo também que não houve diferença ($P>0,05$) na q , na relação EM/ED e no BE.

As produções de CH₄ diárias e em função da MS, MO e FDN ingerida e digerida estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6. Produção de metano (CH₄) determinada em respirometria, por novilhas das raças Gir, Holandês e F1 – Holandês x Gir alimentadas com dietas a base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado

Item	Tratamento			EPM ¹	Valor de P
	Gir	F1	Holandês		
g/dia	110,93b	187,50a	216,31a	12,85	<0,001
g/kg MS _{ing}	14,93b	20,15ab	23,05a	1,13	<0,001
g/kg MO _{ing}	16,00b	21,59ab	24,69a	1,21	<0,01
g/kg FDN _{ing}	34,93	41,93	35,94	1,50	>0,05
g/kg MS _{dig}	22,81b	32,24a	36,53a	1,95	<0,01
g/kg MO _{dig}	23,89b	33,71a	38,40a	2,04	<0,01
g/kg FDN _{dig}	55,10	71,65	60,28	2,98	>0,05
g/kg GPV	195,92	212,60	231,39	12,25	>0,05

¹Erro padrão da média, n = 18. MS_{ing} = matéria seca ingerida; MO_{ing} = matéria orgânica ingerida; FDN_{ing} = fibra insolúvel em detergente neutro ingerida; MS_{dig} = matéria seca digerida; MO_{dig} = matéria orgânica digerida; FDN_{dig} = fibra insolúvel em detergente neutro digerida; GPV = ganho de peso vivo.

*Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produção de CH₄ diária (g/dia) foi maior ($P<0,001$) para os grupos Holandês e F1 (201,90g) em relação ao Gir (110,93g), apresentando produções 82,0% superiores, reflexo do maior nível de consumo de MS e das porções fibrosas, expresso por essas duas categorias. A correlação entre a produção de CH₄ (g/dia) e o CMS (kg/dia) foi significativa ($P<0,0001$) e forte ($r=0,924$), assim como entre a produção de CH₄ e o consumo das porções fibrosas como a FDN ($P<0,0001$; $r=0,920$) e FDA ($P<0,0001$; $r=0,921$), que foram significativas e de forte correlação, mostrando dependência dessas variáveis. Não houve diferença ($P>0,05$) na produção de CH₄ entre os tratamentos em função da FDN, tanto ingerida quanto digerida. Os

grupos Holandês e F1 também apresentaram maior ($P < 0,01$) produção de CH_4 em relação a MO digerida, 36,06g contra 23,89g/kg MO_{dig} do Gir. Não houve diferença ($P > 0,05$) na produção de CH_4 em relação ao ganho de peso.

Como relatado anteriormente, os bovinos perdem entre 3,0% a 7,0% da EB consumida através do CH_4 eructado (Johnson e Johnson, 1995), sendo que, segundo esses autores, a produção de CH_4 é dependente da quantidade de alimento consumido, da digestibilidade dos alimentos e de características relacionadas ao animal. Não foi observada diferença ($P > 0,05$) na digestibilidade de nenhum nutriente avaliado entre as raças, ao contrário do consumo desses nutrientes, que foi maior ($P < 0,01$) para o Holandês e F1. Logo, como a dieta oferecida aos animais foi a mesma e não houve efeito do grupo genético sobre a digestibilidade da MS e dos nutrientes, além de não ter ocorrido diferença ($P > 0,05$) na q da dieta, o efeito principal da maior produção de CH_4 (g/dia; g/ MS_{dig} ; g/ MO_{dig}) foi o nível de consumo, mais elevado ($P < 0,01$) para o Holandês e F1, o qual obteve forte correlação. Essa maior produção absoluta de CH_4 dos grupos Holandês e F1 acabou sendo “compensada” pelo maior ($P < 0,001$) ganho de peso, refletindo em produções equivalentes ($P > 0,05$) de CH_4 (213,3g/kg GPV) entre as raças avaliadas. Os ruminantes são considerados como contribuintes importantes na emissão desse gás, sendo que a apresentação da produção de CH_4 por produtividade é mais interessante do ponto de vista econômico e ambiental, pois retrata essa produção em relação ao produto final, que é o interesse no sistema de produção.

Kurihara et al. (1999) forneceram três tipos de dieta para bovinos Brahman: rica em feno de baixa qualidade, rica em feno de alta qualidade e rica em grãos. Os autores observaram consumos de MS de 7,07, 7,31 e 3,58 kg/dia, e emissões de CH_4 de 75,4, 64,6 e 32,1 g CH_4 /kg MO_{dig} , respectivamente, o que demonstra a influencia da qualidade da dieta na produção de CH_4 . Nos resultados encontrados, pode-se deduzir que a maior produção de CH_4 por parte dos grupos genéticos Holandês e F1 foi decorrente, além do maior consumo de MS, do maior consumo da porção fibrosa, principalmente FDA, fato corroborado com o estudo de correlação. Segundo Paulino et al. (2008), a produção de CH_4 por ruminantes (g CH_4 /kg MO_{dig}) aumenta com a idade da planta, em decorrência do incremento de material lignocelulósico. Este efeito é devido provavelmente à menor relação de ácido propiônico/ácido acético, acarretando em maior produção de CH_4 , uma vez que ocorre maior produção de H_2 na formação do ácido acético, e esse elemento precisa ser eliminado, o que gera CH_4 (Johnson e Johnson, 1995).

É bem estabelecido que o menor consumo de MS acarreta em menor produção diária de CH₄, como mostrado nesse experimento. Sendo assim, a redução do consumo consequentemente reduziria o desempenho. Porém, não houve diferença (P>0,05) na produção de CH₄ em relação ao produto final, ou seja, ganho de peso, destacando também que não foi encontrada (P>0,05) diferença na eficiência alimentar entre os grupos genéticos. Ou seja, todas essas informações colaboram em afirmar a não influência do grupo genético sobre a produção de CH₄. Primavesi et al. (2004) não encontraram efeito (P>0,05) do grupamento genético (Holandês e Holandês x Gir) sobre a produção de CH₄ (g/hora; g/dia; g/kg PV) de novilhas em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). Silva (2011) não observou efeito (P>0,05) do grupamento genético (Gir, Holandês e Holandês x Gir) sobre a produção de CH₄ em novilhas alimentadas exclusivamente com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*).

O IPCC – *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Houghton et al., 1996), fez uma estimativa de produção de CH₄ (gCH₄/animal/dia) para ruminantes, que varia de 70 – 153g para animais não leiteiros e de 100 – 323g para animais de origem leiteira. Como no presente experimento foram avaliados animais com aptidão leiteira, os valores estão dentro da estimativa (média dos três grupos genéticos: 171,5g), porém, as variações das estimativas são muito grandes.

Utilizando-se de ferramentas para avaliar a perda de energia na forma de CH₄, Ellis et al. (2007) nos forneceram a equação (CH₄ = [4,38 + 0,0586 x CEM]/4,184). A produção de CH₄ estimada por essa equação baseada no consumo de energia metabolizável (CEM) resulta em emissões de energia correspondente ao CH₄ de 2,06, 2,24 e 2,35 Mcal/dia. Esses valores correspondem a +42,07%, -9,31% e -18,69%, em relação ao determinado para o Gir, F1 e Holandês, respectivamente. Logo, a adoção de medidas de estimativa na avaliação indireta da produção de CH₄ pode ocasionar dados errôneos a respeito da real emissão por parte do animal, destacando a importância da determinação da emissão real de CH₄ pelos ruminantes, medida em câmara respirométrica, principalmente por parte de animais de origem zebuína.

CONCLUSÕES

1. A raça Gir apresentou exigências nutricionais de energia para manutenção de 83,94 kcal/kg PV^{0,75}, cerca de 15% e 34% inferiores às exigências obtidas para as raças F1 e Holandês, respectivamente. A raça F1 apresentou exigências nutricionais de energia

- para manutenção de 96,67 kcal/kg PV^{0,75}, cerca de 17% inferiores às exigências obtidas para a raça Holandês, de 113,24 kcal/kg PV^{0,75}.
2. As exigências líquidas de energia para ganho de peso foram superiores para a raça Gir (7,11Mcal/kg PV ganho) em relação ao Holandês (3,03Mcal/kg PV ganho). porém não houve diferença para as novilhas F1 (5,64Mcal/kg PV ganho).
 3. A raça Gir apresentou menor produção de metano (CH₄; g/dia) em relação ao Holandês e F1, cerca de 82,% inferiores à produção dessas duas raças. Porém, não houve efeito do grupo genético na produção de CH₄ em relação à fibra consumida e digerida, assim como sobre o ganho de peso.
 4. Não houve efeito do grupamento genético sobre a partição energética da dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). *The nutrient requirements of ruminant livestock*, London: The Gresham Press, 1980. p.351.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 13th Washington - D.C.: AOAC. 1980, p.1015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 16th Washington - D.C.: AOAC. 1995, p.2000.

BACKES, A.A.; PAULINO, M.F.; ALVES, D.D.; RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P. Composição Corporal e Exigências Energéticas e Proteicas de Bovinos Mestiços Leiteiros e Zebu, Castrados, em Regime de Recria e Engorda. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.257-267, 2005.

BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The fasting metabolism of cattle. *Br. J. Nutr.*, v.20, p.103–111, 1966.

BORGES, A.L.C.C. *Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa*. 2000. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Energy Metabolism, EAAP Publ. n.11. p.441-443, 1965.

CASTANHO, M.J.P. *Estimativa da função logística para dados de crescimento de bovinos*. 1994. 117p. Dissertação – Mestrado em Matemática, Londrina, PR, Universidade Estadual de Londrina.

COELHO, J.G.; BARBOSA, P.F.; TONHATI, H.; FREITAS, M.A.R. Análise das relações da curva de crescimento e eficiência produtiva de vacas da raça Holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.12, p.2346-2353, 2009.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (CSIRO). *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 266p.

CHILLIARD, Y.; DOREAU, M.; BOCQUIER, F.; LOBLEY, G.E. *Digestive and metabolic adaptations of ruminants to variations in food supply*. In: JOURNET, M.; GRENET, E.; FARCE, M. H.; THERIEZ, M.; DEMARQUILLY, C. (Ed.). *Recent Developments in the Nutrition of Herbivores*. INRA Editions, Paris, 1995, p.329-360.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; TEDESCHI, L.O.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CARTENS, G.E. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore × Red Angus bulls, steers, and heifers. *Journal Animal Science*, v.85, p.1971-1981, 2007.

ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N.E.; McBRIDE, B.W.; OKINE, E.K.; FRANCE, J. Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.3456-3467, 2007.

EZEQUIEL, J.M.B. *Exigências de proteína e minerais de bovídeos: Frações endógenas*. 1987. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERREIRA, A.L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. 2014. 99p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires. *Journal Animal Science*, v.76, p.647-657, 1998.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. *Anim. Prod.*, v.41, p.53-61, 1985.

FONTES, C.A.A.; OLIVEIRA, R.C.; ERBESDOBLER, E.D. et al. Conteúdo de energia líquida para manutenção e ganho do capim elefante e mudanças na composição corporal de novilhos em pastejo, durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1711-1720, 2005.

FOX, D.G.; BLACK, J.R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal Animal Science*, 58:725, 1984.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P. et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, v.112, p.29-78, 2004.

FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R.; VIEIRA, R.A.M.; LANA, R.P.; LEONEL, F.P.; HENRIQUE, D.S.; LIMA, A.V.; SOUZA, J.C. Body composition and net energy requirements for maintenance of feedlot purebred and crossbred Nellore young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.878-885, 2006.

GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal Animal Science*, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

GONÇALVES, L.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C. Composição do ganho em peso de Taurinos, Zebuínos, seus mestiços e Bubalinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.20, n.4, p.413-419, 1991.

HALES, K. E.; BROWN-BRANDL, T. M.; FREETLY, H. C. Effects of decreased dietary roughage concentration on energy metabolism and nutrient balance in finishing beef cattle. *Journal Animal Science*, v.92, p.264-271, 2013.

HOUGHTON, J.T.; MEIRA FOILHO, L.G.; LIM, B.; TRÉANTON, K.; MAMATY, I.; BONDUKI, Y.; GRIGGS, D.J.; CALLANDER, B.A. *Greenhouse gas inventory reference manual*. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, Intergovernmental Panel on Climate Change, v.3, p.140, 1996.

INZUNZA JC. Clasificación de los climas de Köppen. *Ciencia...Ahora*. 2005; 15: 1-14.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. *Journal Animal Science*, v.73, n.8, p.2483-2492, 1995.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; MC.CRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, v.81, n.3, p.227-234, 1999.

LAGE, H.F. *Partição da energia e exigência de energia líquida para manutenção de novilhas Gir e F1 Holandês x Gir*. 2011. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal Animal Science*, v.27, n.3, p.793-806, 1968.

MARCONDES, M.I.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C. *Prediction of partial efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain*. In: Southern Section of American Society of Animal Science. Orlando, FL, 2010. p.28.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 242p.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C., 1996. 242p.

OWENS, F.N.; DUBESKI, P. HANSON, C.F. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal Animal Science*, v.71, p.3138-3150. 1993.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S.; COLEMAN, S.W. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal Animal Science*, v.73, p.3152–3172, 1995.

PAULINO, M.F. *Composição corporal e exigências de proteína e macroelementos minerais de bovinos não castrados de quatro raças zebuínas, em confinamento*. 1996. p.80. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PAULINO, V.T. *Sustentabilidade de Pastagens Consorciadas*. In: II Encontro sobre Leguminosas Forrageiras. 1 ed. Nova Odessa, v.1, p.1-55, 2008.

PEREIRA, C.C.J. *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PEROTTO, D.; CASTANHO, M.J.P.; ROCHA, J.L.; PINTO, J.M. Descrição das curvas de crescimento de fêmeas bovinas Guzerá, Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.2, p.283-288, 1997.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; BARBOSA, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Revista Agropecuária Brasileira*, v.39, n.3, p.277-283, 2004.

REID, J. T., WHITE, O. D., ANRIQUE, R. et al. Nutritional Energetics of Livestock: some present boundaries of knowledge and future research needs. *Journal Animal Science*, v.51, p.1393 – 1415, 1980.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; RENNO, F.P.; PAIXÃO, M.L. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.37, n.3, p.556-562, 2008.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.R. *Metabolismo de Energia*. In: Nutrição de Ruminantes. Berchielli T.T, Pires AV, Oliveira SG, eds. São Paulo: FUNEP, 2006. p.311-332.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. L.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C. A calorimetry system for metabolism trials. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, n.2, p.495-500, 2007.

SEAL, C.J.; REYNOLDS, C.K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutrition Research*, v.6, 185-208, 1993.

SILVA, R.R. Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos. 2011. 59p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SMITH, N.E.; BALDWIN, R.L. Effects of breed, pregnancy and lactation on weight of organs and tissues in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.57, n.9, p.1055-1060, 1973.

SOUZA, E.J.O.; VALADARES FILHO, S.C.; GUIM, A.; VALADARES, R.F.D.; MARCONDES, M.I.; VÉRAS, A.S.C.; AMARAL, P.M.; SANTOS, T.R. Energy nutritional requirements for females of Nellore, Nellore × Angus and Nellore × Simmental fed on two forage:concentrate ratios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.3, p.753-761, 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. (SAS®). Versão 9.1.3, User's Guide. Statistics. Statistical Analysis Systems Institute. Inc., Cary, NC. 2001.

TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G.; LEME, P.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal Animal Science*, v.80, p.1671-1682, 2002.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG, 2010. 193p.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE*. 1.ed. Viçosa, MG, 2006. p.142.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. *Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil*. In: Proceedings 42nd Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science. Brazilian Society of Animal Science, Goiânia, GO, Brazil. 2005, p.261-287.

VAN SOEST, P. J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutença e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos Nelore, não castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.904-910, 2001.

WEISS, W.P. *Energy prediction equations for ruminant feeds*. In: CORNELL 65 NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. Proceedings... Ithaca: Cornell University, 1999, p.176-185.

WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. *A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation*. *Journal Animal Science*, v.81, p.1390-1398, 2003.

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L. *Microbe interactions in the rumen microbial ecosystem*. In: P.N. Hobson (Ed.). *The Rumen Ecosystem*. New York: Elsevier Applied Science, 1988.