

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Consumo, digestibilidade, perfil metabólico e exigências
nutricionais de energia para manutenção e lactação de
vacas Gir e F1 Holandês x Gir em diferentes planos nutricionais**

Pedro Henrique de Araujo Carvalho

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2016**

Pedro Henrique de Araujo Carvalho

Consumo, digestibilidade, perfil metabólico e exigências nutricionais de energia para manutenção e lactação de vacas Gir e F1 Holandês x Gir em diferentes planos nutricionais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientadora: Prof^a. Dr^a Ana Luiza Costa Cruz Borges

"A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo"

Albert Einstein

Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco eu sei
Ou nada sei.
Almir Sater

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação, aos meus maiores exemplos,
minha mãe, Glória, meus pais César e Adilson, pelo apoio na presença ou na
ausência.

Às minhas irmãs, Renata e Juliana, pela parceria
E ao meu afilhado Gui, por ser sempre o meu melhor sorriso.

Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Ao Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pelo dom da vida e por todas as graças a mim concedidas.

À professora Ana Luiza, pela orientação, pela confiança, pelo apoio e pelos ensinamentos ao longo destes anos e por me ajudar sempre que precisei. Muito obrigado!

Ao professor Ricardo, pela confiança, por estar sempre prestes a ajudar e também por todos os ensinamentos ao longo destes anos.

À minha mãe, Glória, a quem devo tudo que sou. Meu maior exemplo de força. E por quem eu tento ser cada dia melhor.

Ao meu pai, César, através de quem descobri minha paixão pelos animais, e a quem tive o prazer de escolher como pai! E também pela ajuda durante os finais de semana.

À minha irmã Renata, por dividir comigo os momentos ao longo do experimento, e por todo amor e compreensão.

À minha irmã Juliana, por ser a minha maior fonte de aprendizado, com quem aprendo diariamente, e por me dar o meu melhor presente!

Ao meu afilhado Gui, por fazer meu dia melhor apenas com uma lembrança sua. E por me ensinar a cada dia que a felicidade está nas pequenas coisas.

Ao meu pai, Adilson, por guiar meus passos aonde quer que ele esteja.

À toda minha família, pelo incentivo e companheirismo sempre.

Aos amigos de São João, da Veterinária, e minha vizinha Kévia pelo apoio.

Aos amigos, Helena e Paolo, por todos os ensinamentos ao longo desta caminhada, pela ajuda no experimento, por todas as risadas às 6 horas da manhã, e pela amizade sincera sempre!

Aos alunos de iniciação científica, Ana Luiza, Arthur, Tayane, Naiara, Rafa e Thiago, pela ajuda em todas as fases do experimento e laboratório. Ao Antônio, Gabriel e Bruno, pela ajuda no laboratório. Vocês fizeram a rotina mais leve e mais prazerosa. Agradecimento especial, ao Rodrigo, por estar sempre presente, inclusive nas tardes e nos finais de semana, ao Fred, por toda ajuda, inclusive nas tardes, e a Barbarah, pela grande ajuda na fase final do experimento. Muito obrigado!!!

Aos colegas de pós-graduação do grupo, Patrícia, Marcelina e André e, em especial à Ju pela ajuda no laboratório, e à Carol, por dividir comigo o experimento.

Aos professores Último, Lobão e Rodrigo, pelos ensinamentos. Aos residentes da Clínica de ruminantes, João, Philipe, Valquíria, Layane, Raquel e Douglas, por estarem sempre dispostos a ajudar quando precisamos. Nós, as vacas e os bezerros agradecemos muito!

À professora Fabíola e o professor Paulo Ricardo, por estarem sempre dispostos a ajudar, assim como todas as residentes e funcionárias do laboratório de patologia clínica.

Aos funcionários do galpão e da clínica, por estarem sempre dispostos a ajudar e facilitar o nosso serviço. Em especial ao Sr. Luís e aos porteiros do galpão.

Ao Toninho e a Fabiana, por toda ajuda no laboratório

Às vacas Brahma, Odete, Lingüiça, Farofa, Nina, Chifruda, Roxinha, 28, Herdeira, Jamaicana, Noela, Xuxa e seus respectivos bezerros pelos

ensinamentos, pela companhia, e por permitirem o bom andamento do experimento.

A BR Nova pela doação do núcleo mineral utilizado.

Ao Danilo, pela ajuda com a estatística.

À EPAMIG, em especial ao Dr. José Reinaldo, pelo empréstimo dos animais.

À Escola de Veterinária e a UFMG, por permitirem meu crescimento pessoal e profissional ao longo destes anos.

À Capes, pela bolsa concedida, a FAPEMIG e ao CNPq e CNPq-INCT – Ciência Animal, pela colaboração.

Muito Obrigado a cada um de vocês!!!

SUMÁRIO

Resumo	16
Abstract	17
CAPÍTULO I – Revisão de literatura	18
1.1 – Energia.....	18
1.2 - Partição da energia em ruminantes.....	19
1.3 – Digestibilidade aparente.....	21
1.3.1 Relação entre consumo e digestibilidade da dieta.....	23
1.4 – Metano.....	24
1.5 - Determinação das exigências nutricionais.....	26
1.6 – Calorimetria indireta para determinação da produção de calor.....	27
1.7 - Exigências de energia líquida para manutenção.....	28
1.8 – Exigências de energia líquida para lactação.....	30
1.9 – Perfil metabólico.....	30
1.10. 1 – Glicose.....	32
1.10.2 – Beta hidroxibutirato.....	32
1.10.3 – Colesterol.....	33
1.10.4 – Ureia.....	34
1.10.5 – Creatinina.....	34
1.10.6 – Proteína total e albumina.....	34
1.10.7 – Cálcio.....	35
1.10.8 – Aspartatoaminotransferase.....	36
Objetivos	37
CAPÍTULO II – Avaliação do consumo <i>ad libitum</i> e restrito, e seus efeitos na digestibilidade aparente, na produção e na composição do leite de vacas Gir e F1 Holandês x Gir	38
Resumo.....	38

Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	43
Conclusão.....	53
Referências bibliográficas.....	54

CAPÍTULO III - Partição da energia e exigências nutricionais para manutenção e lactação de fêmeas bovinas Gir e F1 Holandês x Gir nos terços médio e final da lactação em diferentes planos nutricionais.....

Resumo.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	49
Resultados e Discussão.....	64
Conclusão.....	73
Referências bibliográficas.....	74

CAPÍTULO IV. Influência da restrição alimentar sobre o perfil metabólico de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.....

Resumo.....	77
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	78
Resultados e Discussão.....	81
Conclusão.....	87
Referências bibliográficas.....	87

Considerações finais.....	90
Referências bibliográficas.....	92

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – Avaliação do consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e efeito da restrição alimentar sobre a digestibilidade e demais parâmetros produtivos de bovinos Gir e F1 Holandês x Gir nos terços médio e final da lactação

Tabela 1. Composição química e bromatológica da silagem de milho e do concentrado oferecidos a animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca.....40

Tabela 2. Consumo de matéria seca, expresso em quilograma por dia e em percentual do peso vivo, e consumo de nutrientes, expressos em quilograma por dia, em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação em diferentes planos nutricionais43

Tabela 3: Coeficientes de digestibilidades de matéria seca e dos demais nutrientes, expressos, em porcentagem, em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação e em diferentes planos nutricionais46

Tabela 4. Produção de leite corrigida para 4% de gordura, expressa em Kg/dia, composição do leite em gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado, expressa em porcentagem, nitrogênio uréico no leite, expresso em mg/dL e contagem de células somáticas, células./mL, do leite de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, em diferentes planos nutricionais50

Tabela 5. Eficiência alimentar em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação em diferentes planos alimentares.....52

CAPÍTULO III - Partição da energia e exigências nutricionais para manutenção e lactação de fêmeas bovinas Gir e F1 Holandês x Gir nos terços médio e final da lactação em diferentes planos nutricionais

Tabela 1. Composição química e bromatológica da silagem de milho e do concentrado oferecidos a animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca.....60

Tabela 2. Partição da energia em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, no plano *ad libitum*, e restrições alimentares de 5, 10 e 20%.....64

Tabela 3. Eficiências de utilização de energia bruta para energia metabolizável ("q"), e para confecção de produtos, leite ou massa muscular, e eficiência de conversão da energia metabolizável em energia líquida em animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.....72

CAPÍTULO IV. Influência da restrição alimentar programada sobre o perfil metabólico de bovinos Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.

Tabela 1. Composição química e bromatológica da silagem de milho e do concentrado oferecidos a animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca.....79

Tabela 2. Parâmetros produtivos de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.....82

Tabela 3. Tabela 3. Concentração, em mg/dL, de metabólitos sanguíneos de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio da lactação em diferentes planos nutricionais.....	83
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – Revisão de literatura

<u>Figura 1.</u> Esquema da partição energética nos animais (Adaptado de Ferrell e Oltjen, 2008).....	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AGL – ácidos graxos livres
AGV – ácidos graxos voláteis
AST – aspartatoaminotransferase
Cal - caloria
CCS – contagem de células somáticas
Céls - células
CNF – carboidratos não fibrosos
CCNF – consumo de carboidratos não fibrosos
CEB – consumo de energia bruta
CED – consumo de energia digestível
CEM – consumo de energia metabolizável
CEL – consumo de energia líquida
CEE – consumo de extrato etéreo
CFDA – consumo de fibra em detergente ácido
CFDNcp – consumo de fibra digestível em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
CH₄ - metano
CHEM – consumo de hemicelulose
CMO – consumo de matéria orgânica
CMS – consumo de matéria seca
CO₂ – gás carbônico
CPB – consumo de proteína bruta
DCNF – digestibilidade de carboidratos não fibrosos
DEE – digestibilidade do extrato etéreo
DEL – dias em lactação
DFDA – digestibilidade da fibra em detergente ácido
DFDNcp – digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
DMO – digestibilidade da matéria orgânica
DMS – digestibilidade da matéria seca

DPB – digestibilidade da proteína bruta
EB – energia bruta
ED – energia digestível
EE – extrato etéreo
EM – energia metabolizável
EL – energia líquida
EL_L – energia líquida para lactação
ESD – extrato seco desengordurado
EST – extrato seco total
FDA – fibra insolúvel em detergente ácido
FDN_{cp} – fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína
Gord. – gordura
HEM. – hemicelulose
IC – incremento calórico
J – joule
Kg – quilograma
LACT – lactose
Mcal – megacalorias
NDT – nutrientes digestíveis totais
NIDN – nitrogênio indigestível em detergente neutro
NUL – nitrogênio ureico no leite
NUP – nitrogênio ureico no plasma
O₂ – gás oxigênio
PB – proteína bruta
PC – produção de calor
PCVZ – peso de corpo vazio
pH – potencial hidrogeniônico
PV – peso vivo
rBST – somatotropina bovina recombinante

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho determinar os parâmetros produtivos e metabólicos, a partição energética e as exigências nutricionais para manutenção e lactação de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, submetidas diferentes planos nutricionais. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de matéria seca (14,87 Kg) em relação aos animais Gir, 9,49 Kg no plano alimentar *ad libitum*. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior produção de leite corrigida para gordura a 4% e melhor eficiência alimentar em todos os planos alimentares. A restrição alimentar foi responsável por um acréscimo na digestibilidade da matéria seca de até 4,6% nos animais Gir até 6,1% nos animais F1 Holandês x Gir. Os parâmetros metabólicos dos animais Gir e F1 Holandês x Gir apresentam-se dentro dos limites estabelecidos na literatura. Não houve efeito do plano nutricional sobre o perfil metabólico, exceto para a concentração de betahidroxibutirato, que ainda assim apresentou-se no limite fisiológico aceitável. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior CEB, CED e CEM, em todas as fases avaliadas, em relação aos animais Gir. A energia perdida nas fezes foi superior nos animais F1 Holandês x Gir, sendo 23,77% do CEB, já nos animais Gir este valor foi de 20,54%. A energia perdida como metano e urina não apresentou diferença entre os grupos genéticos, sendo de 6,17 e 3,6% do CEB, respectivamente. O coeficiente de metabolizabilidade não apresentou diferença entre os grupos, sendo o valor médio de 0,6752. A eficiência média de utilização da energia metabolizável (k) 56%. Não houve diferença entre as exigências nutricionais para manutenção entre as raças, sendo de 101,75 Mcal/Kg de PV^{0,75}. As exigências de energia para lactação foram superiores nos animais F1 Holandês x Gir devido ao maior volume de leite produzido, entretanto não houve diferença nas exigências de energia para produção de um Kg de leite. Nos animais F1 Holandês x Gir as restrições alimentares ocasionaram o aumento da perda energética na forma de metano e da porcentagem de energia bruta direcionada para lactação, sem alterar a proporção de perdas como urina e fezes. Nos animais da raça Gir, a restrição alimentar não alterou as perdas percentuais de metano, fezes e urina, sendo maior o percentual da energia bruta direcionado para produção de leite.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the production parameters and metabolic, energy balance and nutritional requirements for maintenance and lactation in Gir and F1 Holsteins x Gir in the middle and end of lactation in different nutritional plans. The dry matter intake was higher F1 Holsteins x Gir, (14.87 Kg) than in the Gir (9.49 Kg) at the phase ad libitum. The F1 Holsteins x Gir showed a higher milk production corrected for 4% fat and a better feed efficiency at all phases. The feed restriction was responsible for an increase in digestibility up to 4.6% in Gir and 6.1% in F1 Holsteins x Gir. The F1 Holsteins x Gir females consumed more GE, DE and ME than Gir in all phases evaluated. The energy loss in feces was higher in F1 Holsteins x Gir, 23.77% of the GE consumed. This parameter was equivalent to 20.54 at Gir animals. The energy loss at methane and urine didn't show difference between the genetic groups, and it has been 6.17 e 3.6%, respectively. The "q" coefficient wasn't different between the groups, and it has been 0.6752. The absence of statistical difference was also observed for the difference "k", that it has been 56%. Also, there wasn't difference between the nutritional requirements for maintenance of the genetic groups, and it has been 101.75 Mcal/Kg de LW^{0.75}. The energy requirements for lactation were higher for the F1 Holsteins x Gir due to the larger volume of milk produced, as there was no difference in energy requirements for production each kilogram of milk. About the animals F1 Holsteins x Gir, the feed restrictions caused an increase in energy loss as methane and on the percentage of gross energy directed to lactation, without changing the proportion of such urine loss and feces. There were no differences in energy losses as methane, feces and urine, and the higher percentage of gross energy was directed to milk production in Gir animals. The parameters to determine metabolic profile of Gir and F1 Holsteins x Gir animals were within reference range. There weren't effects of nutritional plan on the metabolic profile, except for the betahidroxibutirato, that even so was into the physiological acceptable limit.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Energia

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 estão susceptíveis à oxidação. Dessa forma, os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos e cada um destes nutrientes são considerados pelo seu potencial em produzir energia na combustão (Resende *et al.*, 2011).

As leis da termodinâmica e a lei de Hess foram fundamentais para o estudo da transformação da energia na nutrição animal. A primeira lei estabelece que a energia não pode ser criada ou destruída, apenas transformada (lei da conservação da energia). A segunda lei da termodinâmica e a Lei de Hess consideram que todas as formas de energia tendem a ser convertidas em calor, e que a perda de calor em uma reação química independe dos caminhos da conversão. Dessa forma, pode-se considerar, por exemplo, que um carboidrato quando totalmente oxidado em bomba calorimétrica, fornece quantidade de energia equivalente a energia liberada da mesma reação, quando ocorrida no interior da célula (Ferrel e Oltjen, 2008).

Segundo Ferreira (2014) O entendimento dos princípios de processos bioenergéticos é fundamental na ciência da nutrição de ruminantes, uma vez que todos os processos que ocorrem no corpo do animal, quando o alimento é digerido e metabolizado, levam a alterações de energia. A energia é utilizada para expressar o "valor de combustão" de alimentos que compreende os três principais grupos de nutrientes: Carboidratos, proteínas e lipídios.

Isso permite determinar relações quantitativas entre o fornecimento de alimento e os efeitos nutricionais, como base para a predição do rendimento (produção). Sabe-se, que existem muitos fatores que influenciam a utilização da energia pelo animal, mas, desde que o requisito por nutrientes específicos, tais como proteínas, vitaminas e minerais seja suprido, as exigências nutricionais estão relacionadas principalmente à energia (Sundstol,1993).

A energia pode ser expressa em caloria (cal) e seus múltiplos (kilocaloria e Megacaloria), sendo a caloria definida como a quantidade de calor necessário para aumentar a temperatura de um grama de água de 16,5 a 17,5 °C. Na prática, a caloria é uma pequena quantidade de energia, assim, a quilocaloria (1kcal = 1000 calorias) e a megacaloria (1 Mcal = 1000 kcal) são mais utilizadas nos sistemas de alimentação animal devido aos altos valores utilizados nesta área (NRC, 1996).

Outra unidade de energia também muito utilizada em alguns países para expressar valores de energia relacionados com a nutrição animal é o Joule (J), que equivale a 0,239 cal (1 caloria = 4,184 J). (Lawrence e Fowler, 2002).

1.2 Partição da energia em ruminantes

Segundo Resende *et al.* (2011), a energia bruta (EB) é a energia liberada na forma de calor quando uma substância orgânica é completamente oxidada a dióxido de carbono e água. Esta medição pode ser feita em laboratórios, utilizando-se a bomba calorimétrica. Apesar de a energia bruta ser facilmente mensurada, é necessário que se conheça a disponibilidade da mesma para o animal.

Neste sentido, várias são as perdas energéticas que ocorrem durante o processo de digestão. A primeira grande perda de energia ocorre na forma de fezes, de forma que a energia perdida nas fezes pode ser subtraída da energia bruta ingerida, originando a energia digestível (ED).

Além das fezes, parte da ED é perdida para produção de urina e também de gases oriundos da fermentação ruminal. Dentre estes gases, destaca-se o metano. Esta energia perdida como urina e gases pode ser subtraída da energia digestível, obtendo-se a energia metabolizável (EM) (ARC, 1980).

Após considerar todas essas perdas energéticas, deve-se ainda ser considerada a perda de energia na forma de calor, o qual é proveniente do metabolismo dos alimentos e da transformação de nutrientes, o qual é denominado incremento calórico (Chwalibog, 2004). Desta forma, subtraindo o valor do incremento calórico da EM temos a energia líquida (EL). Portanto, a energia líquida representa a fração da energia que estará realmente disponível para o animal. Sendo que essa poderá ser utilizada pelo animal para diferentes funções, tais como: manutenção, gestação, lactação e ganho de peso. (Figura 1).

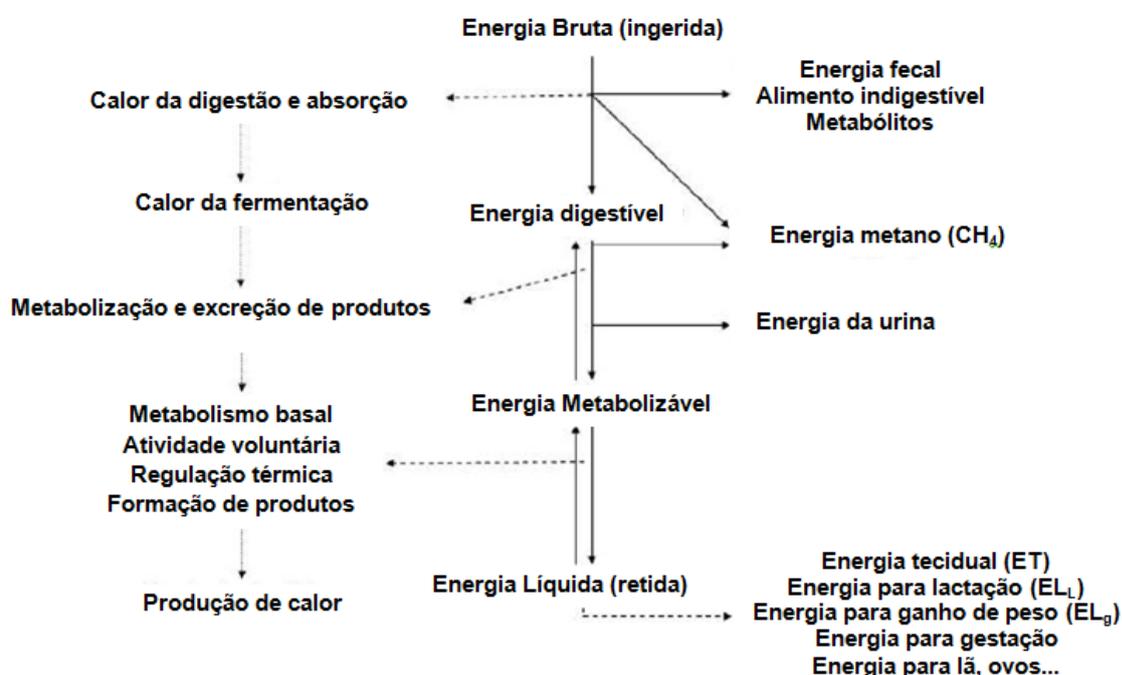


Figura 1. Esquema da partição energética nos animais (Adaptado de Ferrell e Oltjen, 2008)

Segundo Nrkumah *et al.* (2005) existe uma considerável variação no uso de energia e na partição energética em ruminantes. Esta variação ocorre em função da

eficiência de utilização dessa energia pelo animal. Sendo influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal.

Neste sentido, a eficiência de produção está relacionada a fontes de variação na partição de energia por bovinos. Baumgard *et al.* (2012) relataram que as fontes de variação na eficiência produtivas em bovinos leiteiros relaciona-se com a eficiência de utilização de cada nutriente e com os custos de exigência de manutenção, assim como com toda a partição da energia.

Arndt *et al* (2015) avaliaram a partição energética em fêmeas bovinas no terço médio da lactação em animais com diferentes eficiências alimentares. Os animais pertencentes ao grupo de menor eficiência alimentar apresentaram menor perda energética na forma de fezes (25,9% da energia bruta ingerida) quando comparado ao grupo de maior eficiência alimentar (28,6% da energia bruta ingerida).

1.3.1 Digestibilidade aparente

A digestibilidade aparente de um alimento é considerada a proporção do alimento ingerido que não foi excretada nas fezes, não considerando a matéria fecal metabólica representada principalmente pelas secreções endógenas, contaminação por microorganismos e descamações do epitélio. Quando se desconta a perda de matéria fecal metabólica, obtém-se a digestibilidade verdadeira dos alimentos. Para determinação da digestibilidade dos alimentos pode-se utilizar diferentes métodos, como por exemplo o método *in vivo*, o método *in situ* ou o método *in vitro*, sendo a metodologia *in vivo* a mais acurada (Berchielli *et al.*, 2011).

Segundo Berchielli *et al.*, (2011), o método *in vivo* tem como objetivo mensurar, de forma acurada, a fração do alimento fornecido que não será excretada nas fezes em determinado período de tempo. É importante salientar que a determinação desse parâmetro só deve ser iniciada uma vez que os animais estejam adaptados à dieta, de forma que o resíduo indigestível nas fezes seja proveniente da dieta a ser

testada. Normalmente, o período de 10 a 15 dias é suficiente para que tal adaptação ocorra.

Para determinação da digestibilidade através do método *in vivo* é necessário individualizar os animais para mensurar o consumo de alimentos e a produção total de fezes excretadas de cada animal (NRC, 2001).

A digestibilidade da matéria seca é determinada pela diferença entre a quantidade consumida e a excretada pelo animal num período de tempo determinado. A digestibilidade de qualquer nutriente da dieta também pode ser calculada a partir das quantidades do nutriente ingerido e excretado, e a porcentagem determinada no alimento e nas fezes. (Berchielli, Vega-Garcia e Oliveira, 2011)

Segundo McDonald *et al.* (1995), vários fatores podem influenciar a digestibilidade de determinado alimento como, por exemplo, a composição bromatológica, os demais ingredientes da dieta, o processamento, fatores referentes ao animal e o nível de alimentação

Segundo Clark, *et al.* (2006), existe interação entre consumo, digestibilidade e taxa de passagem dos alimentos pelo trato digestivo. Assim, a digestibilidade será definida pelo produto entre a taxa de absorção e a taxa de passagem.

Considerando que a taxa de passagem da digesta está relacionada à composição química e bromatológica dos alimentos e ao nível de alimentação do animal, conclui-se que quanto maior for a ingestão de matéria seca pelo animal, maior será a sua taxa de passagem, e quanto menor a ingestão de matéria seca menor será a taxa de passagem. (NRC, 2000).

1.4 Relação entre o consumo de matéria seca e a digestibilidade da dieta

Um fator importante para absorção de nutrientes por bovinos leiteiros é a relação entre o consumo e a digestibilidade da dieta. Entretanto, faz-se necessária uma mensuração da interação entre estes, quando se trabalha com níveis de consumos inferiores ao *ad libitum* (Tyrrel e Moe, 1974).

Segundo Drager *et al.* (2005), O principal efeito da restrição alimentar em bovinos que estejam consumindo dietas de alta digestibilidade é a redução da taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal. Com isso, ocorrerá um aumento do tempo disponível para o ataque microbiano e fermentação nos pré-estômagos e no intestino grosso, e um aumento do tempo disponível para a absorção dos nutrientes.

A principal alternativa para reduzir o custo das dietas é a utilização de ingredientes com menor custo. Entretanto, normalmente estes ingredientes apresentam menor digestibilidade, o que implica em menor eficiência alimentar. Nestes casos, deve-se avaliar a possibilidade da utilização de dietas com alta digestibilidade, porém em quantidades menores. Este tipo de restrição alimentar seria responsável por manter a eficiência alimentar a um custo menor (Robinson, 2012).

Brown, (1966) relatou aumento na digestibilidade da dieta em vacas leiteiras no período seco, em relação ao período da lactação. As mesmas vacas da raça Jersey foram avaliadas durante a lactação e o período seco com a mesma dieta. Durante o período seco, os animais sofreram restrição de até 50% na ingestão de matéria seca em relação ao pico de produção. A digestibilidade aparente no período seco foi de 73,77% enquanto no período da lactação a digestibilidade foi de 66,95%. Houve uma redução significativa na digestibilidade e conseqüentemente na eficiência alimentar durante a lactação. Neste mesmo trabalho os autores concluíram que os coeficientes de digestibilidade determinados em animais próximos à manutenção não deveriam ser aplicados para vacas em lactação, conforme a maior parte dos sistemas de exigências nutricionais.

Clark *et al.* (2006), avaliaram o efeito da restrição alimentar programada (10 e 20% de restrição no consumo de matéria seca) em comparação a novilhos recebendo dietas *ad libitum*. A restrição de 10% de matéria seca ocasionou um aumento de aproximadamente 10% na digestibilidade aparente da matéria seca.

Ferreira (2014) avaliou o efeito do nível de alimentação sobre a digestibilidade aparente da dieta em novilhos machos F1 Holandês x Gir, em três níveis de alimentação. O grupo com consumo de matéria seca em nível de manutenção apresentou digestibilidade aparente da matéria seca 5,9% maior quando comparado ao grupo alimentado *ad libitum*

1.5 Metano

O metano é produzido anaerobicamente no ambiente ruminal, onde os microrganismos metanogênicos hidrogenotróficos obtêm energia e carbono de H₂ e CO₂ pela via metanogênica. Os microrganismos presentes no rúmen metabolizam os carboidratos para convertê-los, principalmente, em glicose ou glicose-1-fosfato, que se oxidam até piruvato, mediante o ciclo de Embden-Meyorff. O piruvato é o composto intermediário pelo qual passam todos os carboidratos antes de serem transformados em ácidos graxos de cadeia curta, gás carbônico e metano. A proporção de cada produto final varia em função do tipo de carboidrato fermentado e das espécies bacterianas que estiverem no ambiente ruminal durante a fermentação (Primavesi *et al.*, 2004). O processo de metanogênese consiste de uma série de reações de redução em que um carbono derivado do gás carbônico é ligado a um carreador. A síntese do formil metano furano é o primeiro passo da metanogênese, em que o CO₂ é ligado ao metano furano e reduzido ao estado formil com elétrons derivados do hidrogênio (Thauer, 1998).

A formação do metano ruminal possui o efeito positivo de reduzir a concentração de íons H⁺ dentro do rúmen, promovendo assim um ambiente favorável ao crescimento de outras espécies bacterianas. A formação do metano ocorre principalmente no rúmen. Entretanto, aproximadamente 14% do metano produzido têm origem no

intestino grosso. Esta proporção varia de acordo com a digestibilidade da dieta. Dietas de baixa degradabilidade ruminal proporcionam maiores produções de AGV e metano intestinal. Porém, grande parte do metano produzido é absorvido através da parede intestinal, transportado até os pulmões e expirados pela boca e orifícios nasais (Jonhson e Johnson, 1995).

Segundo Primavesi *et al.* (2004), a perda energética na forma de metano varia entre 4% e 9% da energia bruta do alimento ingerido, e a média encontrada é de 6%. Além da perda energética a produção de metano está relacionada à questão ambiental, sendo um dos gases do efeito estufa que apresenta maior impacto, sendo este impacto até 25 vezes maior que o impacto causado pela molécula de CO₂.

Arndt *et al* (2015) avaliaram o efeito da eficiência alimentar sobre a produção de metano em fêmeas bovinas no terço médio e final da lactação. O aumento da eficiência alimentar ocasionou redução na perda energética na forma de metano. Sendo que o grupo com maior eficiência alimentar perdeu 5,23% da energia bruta ingerida, enquanto esta perda foi de 6,99 no grupo com menor eficiência alimentar.

Vários fatores influenciam a emissão de metano pelo ruminante. O consumo de matéria seca e de matéria orgânica fermentável, assim como a proporção e a qualidade do volumoso da dieta influenciam o volume de metano produzido. Aguerre *et al* (2011) avaliaram a produção de metano em função da quantidade de volumoso da dieta. O volume de metano produzido variou de 25,9 a 31,9 litros de CH₄ por kg de matéria seca ingerida. Sendo esta relação de 14 a 17,8 litros de CH₄ por Kg de leite produzido.

1.6 Determinação das exigências nutricionais

A determinação das exigências nutricionais de energia em bovinos pode ser feita seguindo as metodologias de ensaios de longa duração, abate comparativo ou por calorimetria.

Para realização de ensaios de longa duração é necessário um grande número de animais, além de um tempo experimental excessivo. Isto faz com que a técnica necessite de alto investimento e torne-se muito dispendiosa. Além disto, os valores obtidos são relacionados com a manutenção de adultos, não gestantes e não lactantes. (Jenkins e Ferrel, 1985).

Na técnica do abate comparativo a energia retida é determinada pela variação do conteúdo de energia corporal dos animais alimentados em, no mínimo, dois níveis de alimentação, sendo um deles próximo à manutenção. São realizados abates no início e no final do período experimental e faz-se a comparação da composição corporal. Esta técnica apresenta um elevado custo e laboriosa, além da questão ética envolvida no abate dos animais (Ferreira, 2014).

A determinação das exigências nutricionais por calorimetria indireta consiste na determinação da produção de calor, através da mensuração da produção de CO₂ e CH₄ e do consumo de O₂. A calorimetria apresenta as vantagens de não exigir o abate dos animais, o que aumenta a possibilidade da realização deste tipo de experimento com fêmeas, que normalmente, apresentam alto valor comercial como é o caso de fêmeas em lactação. Outra vantagem da técnica é a possibilidade da realização de experimentos seriados no mesmo animal em diferentes estádios fisiológicos, em toda sua vida produtiva (Rodríguez, *et al.* 2007).

1.7 Calorimetria indireta para determinação da produção de Calor

A calorimetria baseia-se na mensuração da produção de calor do organismo, podendo ser realizada de forma direta ou indireta. A calorimetria direta consiste na mensuração da alteração de temperatura do meio provocada pelo organismo. A calorimetria indireta determina a produção de calor através da quantificação dos produtos do metabolismo animal, por exemplo, as trocas gasosas realizadas com o meio (Agnew e Yan, 2005). Este análise de calorimetria indireta baseia-se no princípio de Lavousier (1780), segundo o qual a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada; e a quantidade de energia liberada ou absorvida em um sistema não depende dos caminhos transcorridos durante sua transformação, mas apenas da energia contida nos reagentes e nos produtos finais.

Rodríguez *et al.* (2007) descreveram o primeiro sistema de respirometria em circuito aberto utilizado para determinação da produção de calor em ruminantes no Brasil. No sistema de mensuração respirométrica realizada em circuito aberto, o animal é alojado em uma câmara hermeticamente fechada, permitindo trocas gasosas apenas pelo sistema de circulação de ar. Nesta metodologia, uma tubulação de ar é acoplada a uma bomba, a qual realiza a renovação do ar no interior desta, em fluxo constante, durante todo o período de mensuração, sendo possível a regulação deste fluxo por meio de um fluxômetro de massa o qual corrige o fluxo de ar em função da temperatura, pressão e umidade. Neste sistema há renovação constante do ar no interior da câmara. Em cada período de mensuração um equipamento automatizado canaliza uma alíquota de ar para os analisadores de O₂, CO₂ e CH₄. A quantificação da produção de CO₂ e CH₄, e do consumo de O₂ é feita pela diferença entre a concentração destes gases na alíquota de ar que entrou e que saiu da câmara. Estas concentrações multiplicadas pelo volume total de ar que circulou pelo aparelho durante a mensuração correspondem a produção ou consumo total destes gases.

Em seguida, a produção de calor é determinada utilizando estes valores na equação proposta por Brouwer (1965):

$$PC \text{ (kJ)} = 16,18 O_2 + 5,02 CO_2 - 2,17 CH_4 - 5,99 * \text{ Nitrogênio urinário}$$

1.8 Exigência de energia líquida para manutenção

A energia líquida para manutenção foi definida por diversos autores como a energia requerida para que a variação de energia corporal seja equivalente a zero (estase energética) ou como a energia requerida para que não haja nem perda nem ganho de peso pelo animal (estase de peso) (Ferrel e Jenkins, 1985).

O NRC (2001) expressa as exigências de energia para manutenção e para lactação em unidade de energia líquida para lactação (ELL). O sistema de Energia líquida para a lactação usa uma única unidade energética (ELL) tanto para manutenção quanto para produção de leite, porque a energia metabolizável (EM) é utilizada com eficiência similar para manutenção (0,62) e produção de leite (0,64) quando comparada diretamente com medidas de produção de calor. Em relação os valores de energia líquida para manutenção, o NRC (2001) menciona o trabalho realizado por FLATT (1995) em que, utilizando vacas com aptidão leiteira, secas e vazias, encontrou valor de 73 kcal/kg PV^{0,75} para a produção de calor em jejum destes animais. O conselho sugere uma correção para atividade em relação ao valor descrito por FLATT (1995) de 10% e acaba por definir a exigência de energia líquida para manutenção de vacas em lactação em 80 kcal/kg PV^{0,75}. A fim de corroborar sua sugestão, há uma comparação entre o valor sugerido e o adotado pelo NRC (2000) de 77 Mcal/kg PCVZ^{0,75} de peso de corpo vazio. É assumida por eles uma equivalência de 85% do peso de corpo vazio metabólico em relação ao peso vivo metabólico, e desta forma a exigência em termos de quilograma de peso vivo seria de 65 kcal/ kg PV^{0,75}. Em relação à raça dos animais, o NRC (2001) também assume o fator de correção de 1,2 - também propostos pelo NRC (2000) isto é, 20% a mais no valor de exigência de animais das raças Holandês e Jersey, o que acaba por acarretar um valor final de exigência de energia líquida para estes animais de 79 kcal/ kg PV^{0,75} (valor este muito próximo ao inicialmente proposto de 80 kcal/kg^{0,75}).

Já o AFRC (1993) considera o requisito de EL para manutenção como 0,53 MJ / (PV/1,08)^{0,67} ou 69,76 kcal / (PV/1,08)^{0,67} para machos castrados e novilhas. O multiplicador 1,08 refere-se à relação existente entre o peso vivo e o peso vivo em

jejum. Ao valor base já mencionado são acrescidas margens de segurança para atividade, sendo 5% para gado de corte e 10% para gado de leite. Para machos não castrados, recomenda-se um acréscimo de 15%.

O CNCPS (FOX *et al.*, 2004) utiliza o valor de 77 kcal /kg PV^{0,75}. Os requisitos de manutenção variam com o peso, o nível de produção, a atividade e o ambiente. Diversos fatores são utilizados para alterar essa estimativa básica de acordo com as características genéticas e ambientais. O modelo requer estimativas representativas de condições ambientais (temperatura, velocidade do vento, superfície específica e isolamento térmico do animal), tipo (carne ou leite, *Bos taurus* ou *Bos indicus*) e história nutricional prévia, estimada a partir do escore de condição corporal (Fox *et al.*, 1995).

Borges (2000) comparou fêmeas Holandesas e zebuínas através da metodologia proposta por Lofgreen e Garrett (1968), obtendo exigências de ELM para as raças Guzerá e Holandesa de 61,02 e 76,42 kcal/kg PCVZ^{0,75}, respectivamente. Esses valores correspondem à produção de calor do animal em jejum, representando a quantidade de energia líquida que deve ser ingerida para manter em equilíbrio energético, ou seja, a exigência de ELM. As novilhas da raça Guzerá apresentaram exigência de ELM aproximadamente 20% inferior à das Holandesas. Estes resultados apresentaram boa aproximação com a literatura, que menciona menores exigências de manutenção para raças zebuínas em relação às de origem europeia. Para o NRC (2000), as raças leiteiras requerem 20% mais energia para manutenção do que as raças de corte *Bos taurus*, que por sua vez requerem 10% mais que animais *Bos indicus*.

Silva (2011) realizou o primeiro trabalho nacional utilizando câmara respirométrica para a determinação das exigências nutricionais de fêmeas bovinas em crescimento. O autor comparou animais da raça Gir leiteiro, Holandês e F1 Holandês x Gir. Os valores de ELM encontrados foram 85,2; 96,4 e 102,3 Kcal/PV^{0,75}, respectivamente, para novilhas da raça Gir, Holandesa e F1 Holandês x Gir.

1.9 Exigência de energia para lactação

A energia é o mais importante nutriente para a produção de leite. A exigência de energia líquida para lactação (EL_l) é definida como a energia contida no leite produzido. Essa energia corresponde ao somatório dos calores de combustão dos componentes individuais do leite (gordura, proteína e lactose) (NRC, 2001). Considerando que o calor de combustão para a gordura do leite, proteína verdadeira e lactose, são: 9,29; 5,71 e 3,995 Mcal/kg, respectivamente, tem-se a seguinte equação para o cálculo da ELL para a produção de leite, utilizando-se todos os componentes:

$$EL_l(\text{Mcal/kg}) = (0,0929 \times \% \text{ gordura}) + (0,0563 \times \% \text{ proteína verdadeira}) + (0,0395 \times \% \text{ lactose})$$

A lactose apresenta baixa variabilidade, por isso, caso não ocorra a mensuração deste componente, pode-se assumir o valor de 4,85%. Caso isto ocorra, a equação para determinação das exigências de energia líquida para lactação passa a ser:

$$EL_l (\text{Mcal/Kg}) = (0,0929 \times \% \text{ de gordura}) + (0,0547 \times \% \text{ proteína verdadeira}) + 0,192$$

É importante salientar, que caso a mensuração de proteína seja feita através da conversão do teor de nitrogênio, deve-se utilizar o fator de multiplicação de nitrogênio de 6,38.

1.10 Perfil metabólico

Segundo Wittwer (2000), o perfil metabólico é um conjunto de exames que permite estabelecer por meio de análises sanguíneas de grupos representativos de animais de um mesmo rebanho, seu grau de adequação nas principais vias metabólicas relacionadas com proteínas, energia e minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais para a homeostase corporal e a produção de leite. Também Peixoto *et al.* (2006) entendem ser possível utilizar as informações obtidas através do estudo

do perfil metabólico para aferir o balanço nutricional dos rebanhos, uma vez que, em algumas situações, os desbalanços nutricionais podem influenciar nas concentrações sanguíneas de determinados metabólitos.

Para González (2000), a interpretação do perfil metabólico é complexa, tanto aplicada a rebanhos, quanto a indivíduos, devido aos mecanismos que controlam o nível sanguíneo de vários metabolitos e, também, à grande variação desses níveis em função de fatores como estresse, raça, idade, dieta, nível de produção, manejo, clima e estado fisiológico (estágios da lactação e da gestação).

Para uma adequada interpretação dos valores encontrados no perfil metabólico sanguíneo, deve-se ter um correto conhecimento da fisiologia e bioquímica animal, além de conhecer a fonte e a função de cada um dos metabólitos avaliados. Os métodos utilizados na sua determinação também são de suma importância na determinação do perfil metabólico (Wittwer, 1995).

Payne e Payne (1987) relatam que variações dos componentes do perfil metabólico sanguíneo podem estimar o processo de adaptação metabólica dos animais a novas situações fisiológicas ou de alimentação. Transtornos como cetose ou desequilíbrios no nitrogênio ou no metabolismo mineral podem ser detectados por meio da análise direta do perfil metabólico.

De acordo com González (2000), um forte motivo para que estudos recentes sejam utilizados como ferramenta para a avaliação do perfil metabólico em ruminantes, se deve ao fato dele refletir, de maneira confiável, o equilíbrio entre a entrada, a saída e a metabolização dos nutrientes nos tecidos animais.

1.10.1 Glicose

As primeiras tentativas de se avaliar o status energético dos animais foram feitas através da determinação da glicemia. Entretanto, o controle homeostático hormonal realizado pelo organismo se sobrepõe às alterações que a dieta possa causar sobre este parâmetro (González, 2000).

Segundo Payne e Payne (1987) existe uma certa contrariedade nos resultados, uma vez que os mecanismos homeostáticos que controlam a glicemia tornam difícil estabelecer uma clara relação entre estado nutricional e níveis de glicose, pois além de grande parte dos tecidos utilizarem ácidos graxos livres (AGL) e corpos cetônicos como fonte energética, o fígado bovino possui uma alta função gliconeogênica.

Além do aumento da gliconeogênese hepática, existem evidências de que organismo materno utiliza outros mecanismos para permitir o aumento na disponibilidade fetal e mamária de glicose, como o decréscimo da utilização de glicose pelos tecidos periféricos, principalmente o tecido muscular. (Bell, 1995).

Mesmo havendo contrariedade entre pesquisadores quanto a real capacidade da glicemia refletir o status energético de ruminantes, há uma tendência geral de recomendação da avaliação deste parâmetro no perfil metabólico.

1.10.2 Beta hidroxibutirato

Os corpos cetônicos são compostos primários formados do metabolismo das gorduras e do butirato, representados pelo β -hidroxibutirato (β HB), o acetoacetato e a acetona. A escolha pela mensuração da concentração plasmática do β HB, em relação aos demais corpos cetônicos, deve-se ao fato da acetona ser bastante volátil, o acetoacetato ser quimicamente instável e poder ser transformado em

acetona e dióxido de carbono, contrariamente ao β HB que é bastante estável no sangue (Ortolani, 2002).

Segundo Santos (2011), o aumento da oxidação de ácidos graxos é uma das características de períodos de insuficiente consumo calórico, o que normalmente ocorre durante o final da gestação e o início da lactação em ruminantes. Apesar de ruminantes normalmente produzirem um dos corpos cetônicos através da β -oxidação do butirato pelo epitélio ruminal, a concentração de corpos cetônicos é geralmente baixa durante períodos de consumo adequado de nutrientes. Entretanto, quando o consumo calórico é reduzido e as exigências nutricionais não são supridas ocorre aumento da concentração plasmática de β HB proveniente da mobilização de lipídeos, podendo ocasionar casos clínicos ou subclínicos de cetose.

1.10.3 Colesterol

O colesterol é necessário como precursor dos ácidos biliares, os quais fazem parte da bile e dos hormônios esteróides (adrenais e gonadais). É excretado pela bile, na forma de ácidos biliares, ou na urina, na forma de hormônios esteróides. O colesterol é armazenado nos tecidos na forma de ésteres de colesterol sendo o precursor dos esteróides do organismo, como corticoesteróides, hormônios sexuais, ácidos biliares e vitamina D (Kaneko, 1989).

O colesterol circula no plasma ligado às lipoproteínas (HDL, LDL, VLDL), sendo que cerca de 60% dele está esterificado com ácidos graxos. As concentrações de colesterol plasmáticos indicam de maneira adequada o total de lipídios no plasma, pois corresponde a aproximadamente 30% do total (González, 2000).

1.10.4 Ureia

Grande parte dos componentes nitrogenados da dieta é degradada pelas enzimas microbianas no rúmen em aminoácidos e, subseqüentemente, em amônia, que são reutilizados pelos próprios microrganismos para a síntese de proteína microbiana, juntamente com os esqueletos de carbono provenientes dos carboidratos da dieta. A amônia que não é utilizada pela flora ruminal passa à corrente sanguínea, sob a forma de amônio, através da parede do rúmen e vai ao fígado, onde é processada para formação da uréia (Peixoto, 2004)

Segundo Wittwer *et al.* (1993) a ureia é sintetizada no fígado em quantidades proporcionais à concentração de amônia no rúmen e sua concentração está diretamente relacionada com os níveis proteicos da dieta e com a relação energia/proteína da dieta.

1.10.5 Creatinina

A creatinina é um metabólito que avalia diretamente a filtração glomerular e, portanto, é indicativa de função renal. Seus valores tornam-se elevados quando ocorre comprometimento renal da ordem de 60% a 75% dos néfrons de ambos os rins (Morais *et al.*, 2000). Além disso, a creatinina é formada nos músculos a partir da creatina e sua concentração plasmática pode ser interpretada como uma avaliação indireta da massa muscular, sendo a diminuição deste parâmetro um reflexo da mobilização de musculatura (Bruckmaier *et al.*, 1998)

1.10.6 Proteína total e albumina

As proteínas desempenham um papel fundamental no organismo, como componente estrutural, fazendo parte de enzimas e hormônios, regulando muitas das reações bioquímicas, participando da homeostase, resistência a infecções e no

balanço ácido básico. Devido a sua grande importância na homeostase do organismo, podemos obter muita informação ao mensurar a proteína total e suas frações (albumina, globulina e fibrinogênio) (Smith, 2009).

A proteína total é formada por uma série de proteínas diferentes, sendo a albumina a grande contribuinte representando de 35 a 50% da proteína total. Outros constituintes são principalmente as imunoglobulinas, as proteínas de fase aguda, proteínas do sistema complemento, enzimas e hormônios (Thrall *et al.*, 2012).

A albumina é formada exclusivamente no citoplasma dos hepatócitos, porém o seu catabolismo ocorre tanto no fígado como nos músculos e rins (Smith, 2009; Thrall *et al.*, 2012). Ela é a proteína plasmática mais abundante (cerca de 50%) e é responsável por 75% da pressão oncótica do fluido intravascular. Atua nos processos de transporte de AGNE, cálcio, hormônios, drogas, bilirrubina e ácidos biliares.

1.10.7 Cálcio

O cálcio é um mineral que está muito ligado ao metabolismo dos animais, está envolvido na mineralização óssea, regulação metabólica, coagulação sanguínea, contração muscular, além de atuar na transmissão de impulsos nervosos (González, 2000). No plasma esse mineral pode se apresentar de duas formas: a livre ionizada (em torno de 45%) e a forma orgânica, associada a moléculas como proteínas (maior parte ligada a albumina) ou a ácidos orgânicos.

O cálcio na forma que é medido no sangue contém as duas formas, sendo a ionizada biologicamente ativa. As duas formas devem estar em equilíbrio e a sua distribuição irá depender do pH, da concentração de albumina e da relação ácido-base. Na ocorrência de acidose, tende-se a um aumento da forma ionizada de cálcio, já uma redução nos níveis de albumina levarão a queda do valor de cálcio sanguíneo (González e Silva, 2006).

Vacas leiteiras de alta produção podem frequentemente apresentar hipocalcemia, podendo causar febre do leite ou paresia do parto. Um animal produzindo 30 kg de leite/dia perde mais de quatro vezes a quantidade de cálcio presente no sangue e estima-se que 18% do cálcio ósseo seja perdido durante a lactação. Desta forma a taxa de reposição deve ser rápida o suficiente para superar a demanda e evitar a hipocalcemia.

Um desequilíbrio na relação Ca:P pode ocorrer tanto por deficiência de fósforo quanto por excesso de cálcio. Se essa relação ultrapassar os níveis de 3,8:1 pode gerar inibição do hormônio da paratireóide, o qual estimula a reabsorção de cálcio dos ossos e absorção de cálcio no intestino, além disso pode levar ao aumento de secreção de calcitonina, hormônio que estimula o ingresso de cálcio nas reservas ósseas. Desta maneira uma alta relação Ca:P pode levar a diminuição da mobilização das reservas de cálcio e aumento a predisposição a febre do leite (González, 1997).

1.10.8 Aspartatoaminotransferase

A enzima aspartatoaminotransferase (AST) está presente no citoplasma e mitocôndrias catalisa a transferência reversível dos grupos amino do aspartato para formar oxalacetato, o qual pode entrar no ciclo do ácido cítrico ou como precursor de glicose. Por isso tem papel importante na síntese e degradação de aminoácidos (Stocham e Scoot, 2008).

A AST apesar da baixa especificidade é usada para detectar lesão no fígado em bovinos e foi relacionada com lesão celular ou necrose nos casos de esteatose hepática (Bobe, 2004).

Objetivos

Objetivou-se com este trabalho avaliar:

- O CMS, o consumo de nutrientes e o efeito da restrição alimentar sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes
- A produção e a composição do leite e a eficiência alimentar em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação sob restrição alimentar.
- As exigências nutricionais de energia para manutenção e lactação e estudar a partição energética entre manutenção e lactação de fêmeas bovinas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, submetidas à restrição alimentar.
- Determinar os valores de referência para o perfil metabólico de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, além de avaliar o efeito da restrição alimentar sobre estes parâmetros.

CAPÍTULO II

Avaliação do consumo *ad libitum* e restrito, e seus efeitos na digestibilidade aparente, na produção e na composição do leite de vacas Gir e F1 Holandês x Gir

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo de matéria seca e de nutrientes e o efeito da restrição do consumo de matéria seca (CMS) em 5, 10 e 20% em relação ao plano *ad libitum* sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, a produção e composição do leite e a eficiência alimentar em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior CMS, (14,87 Kg) em relação aos animais Gir, (9,49 Kg) na fase *ad libitum*. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior produção de leite corrigida para 4% de gordura e melhor eficiência alimentar para produção de leite em todos os planos alimentares. A restrição alimentar foi responsável por um aumento na digestibilidade da matéria seca de até 4,6% nos animais Gir e 4,8% nos animais F1 Holandês x Gir.

Palavras-chave: eficiência alimentar, mestiço, vaca leiteira, zebuínos.

INTRODUÇÃO

A eficiência econômica e produtiva na bovinocultura é altamente dependente das medidas racionais do manejo nutricional, uma vez que a nutrição é o componente de maior custo na produção de carne ou leite.

Os principais fatores responsáveis por um manejo nutricional adequado estão relacionados ao CMS, à digestibilidade dos nutrientes e à interação entre ambas. A maior parte das tabelas que expressa os valores de digestibilidade deriva de

experimentos com bovinos adultos não lactantes e alimentados em níveis próximos à manutenção (Tyrrel e Moe, 1974).

O CMS é muito variável em vacas em lactação e está altamente correlacionado com o aproveitamento da dieta. A ingestão de alimentos influencia a taxa de passagem da digesta, que por sua vez, irá influenciar a digestibilidade dos alimentos ingeridos. Em função disso, têm sido propostas equações que quantificam os decréscimos nos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) resultantes do aumento do consumo (NRC 2001). Entretanto, os dados que geraram estas tabelas são provenientes de animais de alta produção, em confinamento.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o CMS e de nutrientes, bem como o efeito da restrição alimentar sobre a digestibilidade aparente de nutrientes, a produção e composição do leite e a eficiência alimentar em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal (LAMACA) do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, situado em Belo Horizonte, Brasil. O experimento foi realizado entre abril de 2014 e maio de 2015. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas adultas, no terço médio e final da lactação, com dias em lactação (DEL) médio de 130 dias no início da coleta de dados, sendo seis animais da raça Gir, com peso vivo (PV) médio de 482,29 Kg e seis animais F1 Holandês x Gir, com PV médio de 510,29 kg. Os animais utilizados eram provenientes da Campo Experimental da EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, situada na cidade de Felixlândia.

Os animais F1 Holandês x Gir produziram, ao longo de toda a lactação, 4833,9 Kg de leite. Já os animais Gir produziram, neste mesmo período, 2603,5 Kg.

Os animais foram alojados em confinamento do tipo *tie-stall*, com comedouros e bebedouros individuais. A dieta era composta por silagem de milho, núcleo mineral e concentrado à base de farelo de soja e milho moído. A relação de volumoso:concentrado utilizada foi de 60:40. A tabela 1 expressa a composição química e bromatológica dos componentes da dieta.

Tabela 1. Composição química e bromatológica da silagem de milho, do concentrado, e da dieta total oferecidas aos animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca

NUTRIENTE	SILAGEM DE MILHO	CONCENTRADO	DIETA TOTAL
MS*	28,83*	88,0*	53,49
MO	91,56	96,01	93,94
PB	8,1	23,64	14,31
EE	3,88	3,48	3,72
FDNcp	47,78	21,54	37,28
FDA	26,26	4,59	17,59
HEM	21,52	16,95	16,69

MS – matéria seca; * Valores expressos em relação à matéria natural; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA – fibra insolúvel em detergente ácido; HEM – hemicelulose.

A dieta inicial foi calculada baseada nas recomendações propostas pelo NRC (2001), de forma a suprir as exigências nutricionais para manutenção, lactação e ganho de peso de aproximadamente 200 g/dia. O experimento foi dividido em quatro períodos. O primeiro período, com duração de 30 dias, constituiu-se de consumo *ad libitum*, no qual a quantidade de alimentos oferecida e as sobras eram pesadas diariamente, e ajustada de forma a permitir quantidade de sobras superior a 15% da quantidade de matéria seca oferecida. Ao final desta fase, determinou-se o CMS médio de cada animal. As fases seguintes constituíram-se de períodos de restrição

na oferta de matéria seca, baseadas no consumo individual obtido na primeira fase. As restrições foram projetadas para representarem 5, 10 e 20% com base na matéria seca, que constituíram os períodos 2, 3 e 4, respectivamente. Cada período de restrição alimentar teve duração mínima de 21 dias. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, imediatamente após as ordenhas. Cada período experimental teve duração mínima de 21 dias antes do início do ensaio de digestibilidade aparente. Não houve necessidade de ajuste do teor de proteína da dieta durante as restrições alimentares, pois em todas as fases as quantidades oferecidas eram suficientes para suprir as exigências proteicas dos animais, conforme o NRC 2001.

As ordenhas foram realizadas de forma manual duas vezes ao dia, às 6 e às 15 horas. No momento da ordenha os bezerros tinham livre acesso à mãe, exceto nos dias de coleta e pesagem do leite. Quinzenalmente os animais foram pesados após a primeira ordenha. A mensuração do volume de leite e a coleta para determinação da composição eram feitas no menor intervalo de tempo possível antes da avaliação em câmara respirométrica. As análises da composição do leite (gordura, proteína, lactose) foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do leite da UFMG (LabUFMG).

O CMS foi mensurado individualmente por pesagem diária dos alimentos oferecidos e das sobras. Ao final de cada período experimental realizou-se um ensaio de digestibilidade aparente, com coleta total de fezes durante 72 horas. Durante este período foram coletadas amostras do alimento oferecido, das sobras e das fezes.

As amostras obtidas durante o ensaio de digestibilidade aparente foram congeladas a -15° C para posteriores análises. Nas amostras de alimentos, sobras e fezes realizou-se a pré-secagem destes materiais a 55° C em estufa de ventilação forçada por período de 96 horas, seguindo-se a moagem a cinco milímetros em moinho estacionário tipo Thomas-Willey. Em seguida foram elaboradas amostras compostas de alimentos oferecidos, de sobras e de fezes, para cada animal e em cada período experimental. Posteriormente, a amostra composta foi moída em moinho estacionário tipo Thomas-Willey a um milímetro, para determinação da composição

química desses materiais. Determinaram-se a matéria seca (MS) em estufa a 105° C (AOAC, 1980), a matéria orgânica (MO) (AOAC, 1980), a proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (AOAC, 1997), a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e a fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial conforme Van Soest *et al.*(1991) em aparelho ANKON®. Os valores de hemiceluloses foram obtidos pela diferença entre os teores de FDNcp e FDA. Os valores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme a equação: $CNF = 100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%cinzas)$. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, e dos demais componentes foram obtidos pela razão entre a quantidade excretada nas fezes pela quantidade total ingerida de cada componente.

Os animais receberam a cada 14 dias aplicação de 2 mL de somatotropina bovina recombinante (Boostin®, 500, mg) por via subcutânea, na fossa ísquio-retal previamente higienizada, alternando-se os lados esquerdo e direito a cada aplicação. Optou-se pela aplicação de somatotropina a partir do início do experimento a fim de evitar a queda acentuada na curva de lactação, o que inviabilizaria as avaliações.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cada animal representando uma parcela experimental. Foram avaliados dois tratamentos com seis repetições cada. Foram utilizadas quatro subparcelas, sendo cada fase nutricional representando uma parcela. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2. Consumo de matéria seca, expresso em quilograma por dia e em percentual do peso vivo, e consumo de nutrientes, expressos em quilograma por dia, em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação em diferentes

	Gir				F1 HxG				CV (%)
	<i>Ad libitum</i>	5%	10%	20%	<i>Ad libitum</i>	5%	10%	20%	
CMS	9,95 ^{Ba}	9,6 ^{Bb}	8,69 ^{Bb}	7,95 ^{Bb}	14,88 ^{Aa}	13,9 ^{Ab}	12,55 ^{Ab}	11,7 ^{Ac}	21,8
CMS (%PV)	2,03 ^{Ba}	1,86 ^{Bb}	1,75 ^{Bb}	1,78 ^{Bb}	2,98 ^{Aa}	2,63 ^{Ab}	2,56 ^{Ab}	2,26 ^{Ac}	0,1
CMO	9,47 ^{Ba}	9,22 ^{Bb}	7,98 ^{Bb}	7,54 ^{Bc}	14,09 ^{Aa}	12,8 ^{Ab}	11,96 ^{Ab}	10,8 ^{Ac}	21,7
CPB	1,38 ^{Ba}	1,28 ^{Bb}	1,17 ^{Bb}	1,07 ^{Bc}	1,94 ^{Aa}	1,67 ^{Ab}	1,55 ^{Ab}	1,46 ^{Ac}	20,9
CFDNcp	4,47 ^{Ba}	4,11 ^{Bb}	3,4 ^{Bb}	3,35 ^{Bc}	6,23 ^{Aa}	5,49 ^{Aab}	5,2 ^{Ab}	4,76 ^{Ab}	10,4
CFDA	2,39 ^{Ba}	1,94 ^{Bb}	1,6 ^{Bb}	1,5 ^{Bb}	2,9 ^{Aa}	2,5 ^{Ab}	2,5 ^{Ab}	2,26 ^{Ac}	15,4
CHEM	2,07 ^B	2,17 ^B	1,74 ^B	1,74 ^B	3,33 ^A	2,98 ^A	2,58 ^A	2,49 ^A	17,4
CEE	0,35 ^{Ba}	0,38 ^{Ba}	0,34 ^{Bb}	0,26 ^{Bb}	0,48 ^{Aa}	0,42 ^{Ab}	0,42 ^{Aa}	0,38 ^{Ab}	15,2
CCNF	3,27 ^B	3,44 ^B	3,07 ^B	2,85 ^B	5,44 ^A	5,19 ^A	4,76 ^A	4,15 ^A	9,6

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si, em relação ao grupo genético pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si, em relação ao plano alimentar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$). CMS – consumo de matéria seca; CMO – consumo de matéria orgânica; CPB – consumo de proteína bruta; CFDNcp – consumo de fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CFDA – consumo de fibra insolúvel em detergente ácido; CHEM – consumo de hemicelulose; CEE – consumo de extrato

Comparando-se a média de consumo das raças no período *ad libitum*, os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de matéria seca por dia (14,88 Kg) em comparação aos animais Gir (9,95Kg). Por ser a única fase em que não houve restrição do consumo, a regulação na ingestão de alimentos ocorreu por fatores intrínsecos à fisiologia de cada animal. Segundo Mertens (1992) a regulação do CMS é feita por fatores físicos ou químiostáticos. Considerando-se a regulação da ingestão por fatores físicos, os animais F1 Holandês x Gir apresentam maior trato

gastrointestinal, o que lhe permite maior consumo em relação aos animais zebuínos. (Jorge *et al.* 1999). Além disto, os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior produção de leite, o que acarreta maior demanda energética e conseqüentemente maior consumo, possivelmente, devido à menor intensidade de ação dos mecanismos quimiostáticos na regulação de consumo.

Comparando-se os dados obtidos com os dados preditos através das equações propostas pelo NRC (2001), verifica-se que esse superestimaria o CMS dos animais Gir e F1 Holandês x Gir. Para animais com peso e produção de leite iguais aos apresentados pelos animais, o comitê americano propõe um CMS de 17,084 Kg/dia. Para animais Gir a diferença entre o observado e o proposto pelo comitê é ainda maior, sendo proposto o CMS de 14,64 kg/dia. As diferenças encontradas podem ser explicadas possivelmente porque os dados utilizados para a elaboração de tabelas do NRC (2001) são baseados em animais da raça Holandês, com características distintas dos animais avaliados no presente estudo.

Oliveira *et al.* (2011) avaliaram o CMS de animais Holandês x Gir consumindo silagem de milho e concentrado, e encontraram CMS de 14,3 Kg de MS/dia. Os animais apresentavam peso vivo próximo ao dos animais do presente trabalho, porém com produção de leite inferior, aproximadamente 12 Kg de leite/dia.

Teixeira *et al.* (2010) avaliaram a ingestão de matéria seca e nutrientes em animais da raça Gir consumindo silagem de sorgo e concentrado em diferentes proporções, com produção de leite próxima à apresentada pelos animais do presente estudo. O CMS obtido foi próximo ao aqui observado, sendo de 10,8 Kg/dia na proporção de volumoso : concentrado de 60 : 40.

O CMS foi superior na fase *ad libitum* nos dois grupos genéticos, conforme esperado, uma vez que as demais fases consistiam de restrições no fornecimento da dieta baseadas no CMS na fase *ad libitum*. Os animais da raça Gir não apresentaram diferença no CMS entre os três níveis de restrição alimentar. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram CMS semelhante nas restrições de 5 e

10%, sendo estes valores superiores aos apresentados na restrição de 20%. O CMS em relação ao PV seguiu os mesmos padrões do CMS/dia nos dois grupos genéticos. Ressalta-se que nos períodos de restrição a quantidade da dieta oferecida obedeceu estritamente aos tratamentos impostos (5, 10 e 20%), ou seja, a quantidade de matéria seca oferecida era a mesma durante todos os dias de cada período de restrição, independente de presença de sobras. Devido à alta variação no teor de matéria seca da silagem em alguns períodos, ocorreram eventuais diferenças numéricas observadas entre o consumo mensurado e o esperado nas restrições.

Nos animais Gir o consumo de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp) apresentou o mesmo padrão de variação entre as restrições. A fase *ad libitum* apresentou os maiores valores, que foram em média 9,47; 1,38 e 4,47 kg para CMO, CPB e CFDNcp, respectivamente. Nas fases 5 e 10% esses valores foram semelhantes entre si, com as respectivas médias de 8,6; 1,33 e 4,29 kg. Já na restrição de consumo de 20%, as mesmas variáveis foram inferiores, sendo equivalente à 7,54; 1,07 e 3,35 kg, respectivamente. O consumo de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA) não apresentou diferença entre as restrições, sendo em média 1,68 Kg, e inferior ao apresentado na fase *ad libitum*, de 2,39 Kg. Os consumos de hemiceluloses (CHEM) e consumo de CNF (CCNF) foram semelhantes entre os planos alimentares, com médias de 1,93 e 3,16 Kg, respectivamente. O consumo de extrato etéreo (CEE) foi superior no plano *ad libitum* e na restrição de 5%, com valor médio de 0,36 Kg, em relação aos demais planos, que tiveram média de 0,31 kg.

Nos animais F1 Holandês x Gir os CMO, CPB e CFDA foram superiores nos planos *ad libitum*, sendo de 14,09; 1,94 e 2,9 kg, respectivamente. Nas restrições de 5 e 10% não houve diferenças nestes parâmetros, sendo os valores médios de 12,38; 1,61 e 2,5 Kg, respectivamente. O CFDNcp na fase *ad libitum* foi de 6,23 Kg, sendo semelhante à restrição de 5%, 5,49 Kg, que por sua vez foi semelhante às demais restrições, que apresentaram valor médio de 4,98 Kg. Não houve diferença entre as

restrições para o CEE, sendo o valor médio (0,4 Kg) inferior ao CEE apresentado na fase *ad libitum* (0,48 Kg). Não houve diferença no CCNF entre todos os planos alimentares.

Na tabela 3 estão expressos os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes para os animais das raças Gir e F1 Holandês x Gir, respectivamente.

Tabela 3: Coeficientes de digestibilidades de matéria seca e dos demais nutrientes, expressos, em porcentagem, em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação e em diferentes planos nutricionais

	Gir				F1 HxG				CV (%)
	<i>Ad libitum</i>	5%	10%	20%	<i>Ad libitum</i>	5%	10%	20%	
DMS	75,57 ^b	79,1 ^a	71,89 ^b	71,96 ^b	71,2 ^b	73,15 ^b	75,56 ^a	71,45 ^b	29,86
DMO	77,5 ^b	81,27 ^a	73,04 ^b	74,28 ^b	72,85 ^b	74,27 ^b	77,2 ^a	73,14 ^b	4,97
DPB	79,06	81,4	74,02	74,79	72,46	75,38	76,83	73,25	6,21
DFDNcp	71,95 ^b	75,03 ^a	64,7 ^b	65,21 ^b	65,79 ^b	64,97 ^b	68,93 ^a	66,71 ^a	8,55
DFDA	63,79 ^b	67,39 ^a	59,07 ^b	59,59 ^b	52,87 ^b	52,1 ^b	60,27 ^a	55,31 ^b	12,85
DHEM	68,82	77,52	70,03	72,38	76,68	77,29	77,38	73,41	14,85
DEE	84,64 ^b	87,6 ^a	84,52 ^b	79,52 ^b	78,06	82,45	84,5	83,04	4,37
DCNF	83,1	87,22	80,3	81,12	79,64	83,98	85,98	82,29	4,9

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si, em relação ao grupo genético pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si, em relação ao plano alimentar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05). CV – coeficiente de variação; DMS – digestibilidade da matéria seca; DMO – digestibilidade da matéria orgânica; DPB – digestibilidade da proteína bruta; DFDNcp – digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; DFDA – digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido; DHEM – digestibilidade da hemicelulose; DEE – digestibilidade do extrato etéreo; DCNF – digestibilidade de carboidratos não fibrosos.

Nos animais da raça Gir as digestibilidades da MS, MO, FDNcp, FDA e EE foram superiores na restrição de 5%, sendo os valores apresentados por estas variáveis

de 79,1; 81,27; 75,03: 67,39 e 87,6%, respectivamente. Nos demais planos alimentares (*ad libitum* e restrições de 10 e 20%) os valores médios apresentados para digestibilidade de MS, MO, FDNcp, FDA e EE foram 73,14; 74,94; 67,28; 60,81 e 82,89, respectivamente. A digestibilidade da MS na restrição de 5% nos animais Gir apresentou acréscimo de 4,6% em relação ao plano *ad libitum*, ou seja, os animais comeram menor quantidade de alimento, mas conseguiram aproveitar melhor a dieta. Esse resultado é importante e, caso possa ser associado a uma produção de leite similar à da fase *ad libitum*, vislumbra uma possibilidade de melhor eficiência alimentar, com menor custo de alimentação. Em rebanhos leiteiros, é comum a observação de vacas Gir e F1 Holandês x Gir, nos terços médio e final da lactação, começarem a acumular gordura corporal, especialmente quando alimentados com silagem de milho e concentrado. O aumento de 4,6% na digestibilidade da MS, aliado a uma redução de 5% no consumo, desde que não comprometam a produção animal, podem contribuir com um aumento significativo na viabilidade econômica da atividade leiteira.

Não houve diferença nas digestibilidades da PB, HEM e CNF nos animais Gir, que tiveram valores médios de 77,31; 72,18 e 82,91%, respectivamente. As digestibilidades da FDA foram semelhantes entre si nos plano *ad libitum* e na restrição de 5%, e inferiores nas restrições de 10 a 20%, que apresentaram valores semelhantes para esta variável.

Nos animais F1 Holandês x Gir as digestibilidades da MS, MO, FDNcp e FDA foram superiores na restrição de 10%, sendo estes valores de 75,56; 77,2; 68,93 e 60,27%, respectivamente. Os valores médios de digestibilidade de MS, MO, FDNcp e FDA apresentados nos demais planos nutricionais (*ad libitum*, e restrições de 5 e 20%) foram 71,6; 73,42; 67,14 e 56,15, respectivamente. Não houve diferença nas digestibilidades de PB, HEM, EE e CNF nos diferentes planos nutricionais, sendo os valores médios de 74,48; 76,19; 82,01 e 82,97, respectivamente.

Não houve diferença nas digestibilidades de MS e demais nutrientes em função do grupo genético nos diferentes planos nutricionais.

Nos animais F1 Holandês x Gir a digestibilidade da MS na restrição de 10% apresentou um acréscimo de 6,1% em relação ao plano *ad libitum*. Já os animais da raça Gir apresentaram valores de digestibilidades superiores com 5% de restrição, sendo este valor 4,6% superior a digestibilidade no plano *ad libitum*. Provavelmente a ingestão de alimentos em quantidades inferiores àquelas do tratamento *ad libitum* promoveu redução na taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, o que aumentou o tempo de permanência do alimento dentro do trato gastrointestinal do animal, resultando em melhor aproveitamento da dieta, o qual se deu através de maior ataque microbiano nos pré-estômagos, e melhor absorção na parte posterior do sistema digestivo.

Segundo Gabel *et al.* (2003), os sistemas atuais de produção de leite caracterizam-se por animais com uma maior capacidade de CMS. Vacas leiteiras têm sido selecionadas há anos para obtenção de maior capacidade digestiva, visando maior consumo e maior produção de leite. Entretanto, concomitantemente ao aumento da ingestão de alimentos pode haver um comprometimento no aproveitamento da dieta. Esses autores avaliaram o efeito do consumo de matéria seca sobre a digestibilidade da dieta, e estabeleceram a proporção de 4,1% a menos na digestibilidade da dieta para cada acréscimo no consumo de matéria seca equivalente ao múltiplo das exigências de manutenção. No presente experimento, a hipótese estudada era o oposto deste conceito, ou seja, pretendeu-se observar possíveis aumentos na digestibilidade diante de uma redução no CMS imposta aos animais.

Tyrrel and Moe (1974), em revisão a respeito da digestibilidade das dietas para vacas em lactação relataram um aumento da digestibilidade de 8% entre o pico de consumo e próximo ao fim da lactação, quando o consumo foi menor.

Clark *et al.* (2006), avaliaram o efeito de níveis de consumo sobre a digestibilidade em novilhos cruzados. Estes autores avaliaram restrições alimentares semelhantes às testadas no presente estudo, 10 e 20%. Os autores observaram aumento na digestibilidade da dieta de 11,09% devido à restrição alimentar.

Ferreira (2014), avaliou o efeito do nível de alimentação sobre a digestibilidade aparente da dieta em novilhos F1 Holandês x Gir, em três níveis de alimentação. O grupo com consumo de matéria seca em nível de manutenção apresentou digestibilidade aparente da matéria seca 5,9% maior quando comparado ao grupo alimentado *ad libitum*.

O NRC (1988) considera redução na digestibilidade de 4 a 8% em função do consumo de 2 ou 3 múltiplos da manutenção, respectivamente. O NRC (2001) considera comum o fato de que o consumo por animais em lactação seja aproximadamente quatro vezes as exigências de manutenção. Este comitê propôs a seguinte equação para ajuste da digestibilidade em função do consumo:

$$\text{Redução da digestibilidade (\%)} = (\text{NDT}(\%) - ((0,18 \text{ NDT}(\%)) - 10,3) \times (\text{CMS}(\text{Kg}))/\text{NDT}(\%))$$

A tabela 4 expressa os dados referentes à produção de leite corrigida para 4% de gordura, assim como a composição e a contagem de células somáticas apresentada pelos animais Gir e F1 Holandês x Gir nos períodos avaliados.

Tabela 4. Produção de leite corrigida para 4% de gordura, expressa em Kg/dia, composição do leite em gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado, expressa em porcentagem, nitrogênio uréico no leite, expresso em mg/dL e contagem de células somáticas, expressa em células/mL, do leite de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, em diferentes

	GIR				F1 HxG				CV
	A L	5%	10%	20%	A L	5%	10%	20%	
PLC4	9,0 ^{Ba}	8,7 ^{Ba}	9,6 ^{Ba}	8,2 ^{Bb}	17,6 ^{Aab}	17,3 ^{Ab}	18,2 ^{Aa}	16,1 ^{Ac}	4,0
Gord.	5,6	5,5	4,9	4,9	4,8	4,2	4,3	4,1	19,2
Prot.	3,7	4,1	3,6	3,6	3,7	4,1	3,6	3,6	10,1
Lact.	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,3
EST.	13,82	14,15	13,51	13,52	12,68	12,94	12,51	12,37	8,4
ESD	8,22	8,65	8,61	8,62	7,88	8,74	8,21	8,27	5,5
NUL	13,0	13,4	12,8	11,9	12,4	12,7	12,7	12,3	7,6
CCS	311	123	296	165	181	154	173	238	64,7

Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem em relação ao plano nutricional pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem em relação ao grupo genético pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). PLC4 – produção de leite corrigida para 4% de gordura; Gord. – gordura; Prot. – proteína; Lact. – lactose; EST – extrato seco total; ESD – extrato seco desengordurado; NUL – nitrogênio uréico do leite; CCS – contagem de celular somáticas

A produção de leite corrigida para 4% de gordura (PLC4) nos animais Gir foi semelhante no plano *ad libitum* e nas restrições de 5 e 10%, sendo a produção média de 9,1 Kg. A PLC4 na restrição de 20% (8,2 kg) foi inferior à apresentada na restrição de 10% e semelhante aos demais planos (*ad libitum* e restrição de 5%).

Nos animais F1 Holandês x Gir as PLC4 na restrição de 10% e no plano *ad libitum* foram semelhantes (17,9 kg). Sendo o valor apresentado na restrição de 5% (17,3 kg) semelhante ao plano *ad libitum* e inferior a restrição de 10%, e todos os valores superiores ao apresentado na restrição de 20% (16,1 kg).

Em todas as fases a PLC4 foi superior nos animais F1 Holandês x Gir em relação aos animais Gir. Não houve diferença na composição do leite nos animais em função do grupo genético ou do plano alimentar. O teor de gordura, proteína, lactose

EST e ESD foram 4,78; 3,75; 4,49; 13,02 e 8,24%, respectivamente. A concentração de nitrogênio ureico no leite e a contagem de células somáticas também não apresentaram diferenças em função do grupo genético e dos planos alimentares, sendo de 12,68 mg/dL e 204.000 células/ mL de leite.

Glória *et al.* (2010), avaliaram a produção de leite de animais mestiços Holandês x Zebu, sendo a maior produção observada nos animais F1 Holandês x Gir de 15,3 Kg de leite no pico de produção. Freitas Jr *et al.* (2008) avaliaram a PLC4 de animais F1 Holandês x Gir ao longo da lactação, sendo que durante o pico a produção chegou a 21 kg/ dia. Com o DEL próximo ao apresentado pelos animais no presente trabalho a PLC4 foi de 14,62 Kg/dia.

Herrera *et al.* (2008), acompanharam a lactação de 2440 animais da raça Gir leiteiro, pertencentes a rebanhos controlados pela Associação Brasileira de Criadores de Gado Zebu (ABCZ). Esses autores encontraram produções de até 10,3 Kg/dia. Já Teixeira *et al.* (2010) encontraram produções de até 13,6 Kg/dia em animais da raça Gir.

Não há relatos na literatura científica de trabalhos com animais de origem zebuína e seus cruzamentos com restrição alimentar programada. Além disto, os trabalhos com outros grupos genéticos que avaliaram a restrição alimentar têm um enfoque maior no efeito desta restrição sobre o aproveitamento da dieta, sem avaliação dos parâmetros produtivos.

Gonzáles e Campos (2003) relataram que a gordura é o componente de maior variabilidade do leite, enquanto os teores de proteína e lactose não sofrem grandes alterações em função do consumo. Jensen (1995) propôs os valores de 4,9; 3,9 e 4,7 para gordura, proteína e lactose de animais zebuínos, que são bem próximo aos valores encontrados no presente trabalho.

Rajala-Schultz *et al.* (2001), determinaram a faixa de 10 a 14 mg/dL como aceitável para a concentração de nitrogênio ureico no leite. Segundo esses autores, esta faixa

indica uma boa relação entre a proteína e energia da dieta, assim como o aproveitamento destes componentes.

A contagem de células somáticas do leite encontra-se dentro da faixa aceitável pela Instrução Normativa 51, que estabelece que esta contagem seja de até 400.000 céls/mL de leite. Esse resultado indica a saúde da glândula mamária pela ausência de efeito de patologias como mastites na produção de leite dos animais no período avaliado.

Tabela 5. Eficiência alimentar em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação em diferentes planos alimentares

	Grupo genético		
	Gir	F1 Holandês x Gir	CV (%)
<i>Ad libitum</i>	0,92 ^{Bb}	1,19 ^A	8,46
5%	0,97 ^{Bb}	1,29 ^A	8,17
10%	1,15 ^{Ba}	1,43 ^A	8,43
20%	0,99 ^{Bb}	1,41 ^A	8,01

Valores seguidos de letras maiúsculas diferem entre si na mesma linha, e valores seguidos por letras minúsculas diferem entre si na mesma coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P<0,05). CV – coeficiente de variação

Os animais Gir apresentaram maior eficiência alimentar na restrição de 10% em relação aos demais planos nutricionais. Não houve diferença entre os planos nutricionais para eficiência alimentar nos animais F1 Holandês x Gir, sendo que em todas as fases estes animais apresentaram maior eficiência em relação aos animais Gir.

A eficiência alimentar é um índice zootécnico de extrema importância. Este índice permite avaliar a eficiência de produção de leite em função do consumo. Uma avaliação econômica nos dados deste experimento poderia demonstrar as diferenças entre as restrições e a viabilidade de cada uma delas.

Ferreira *et al.* (2009) avaliando aspectos produtivos em animais F1 Holandês x Gir encontrou valores de eficiência alimentar que variaram de 1,09 até 1,39, valores próximos aos obtidos no presente trabalho. Teixeira *et al.* (2010) avaliando esses coeficientes em animais da raça Gir leiteiro encontrou valores de 0,97, que estão de acordo com os dados obtidos no presente trabalho.

Não há relatos na literatura científica correlacionando aumento da eficiência alimentar em função da restrição alimentar programada em animais mestiços e zebuínos em lactação. Entretanto, existe o consenso da melhora do aproveitamento da dieta em função da restrição alimentar (Clark *et al.* 2006; Gabel *et al.* 2003; Tyrrel and Moe, 1974, Ferreira, 2014), com conseqüente melhoria nos índices zootécnicos dos animais. É importante observar que, quando se avalia a eficiência alimentar em rebanhos leiteiros, consideram-se apenas os aspectos de aproveitamento da dieta e da produção de leite. No caso de animais zebuínos e seus cruzamentos, os ganhos de peso podem ser significativos e influenciaram na eficiência alimentar, mesmo durante a lactação. Por isso, os valores de variação de peso deveriam ser levados em consideração no cálculo dessa eficiência. Porém, apesar de ter sido realizado o monitoramento do peso e do escore de condição corporal dos animais, optou-se por não incluir estes dados na eficiência alimentar, pois as pesagens realizadas não foram precedidas de jejum alimentar

CONCLUSÃO

Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de matéria seca e de nutrientes, maior produção de leite corrigida para gordura 4% e maior eficiência alimentar para produção de leite em relação aos animais Gir nos diferentes planos alimentares.

A restrição alimentar melhorou o aproveitamento da dieta, aumentando a digestibilidade da dieta nos dois grupos genéticos avaliados.

A restrição alimentar propiciou consumo de matéria seca e nutrientes suficientes para manter ou até mesmo aumentar a produção de leite dos animais dos dois grupos genéticos avaliados.

Não houve variação na composição do leite em função do grupo genético ou do plano alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHIMTD, T. B. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. *Journal Animal Science*, v.85, p.3383–3390, 2006.

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

GABEL, M.; PIEPER, B.; FRIEDEL, K.; *et al.* Influence of Nutrition Level on Digestibility in High Yielding Cows and Effects on Energy evaluation Systems. *Journal Dairy Science*, v.86, p.3992–3998, 2003.

GONZÁLES, F. H. D.; CAMPOS, R. Indicadores metabólico-nutricionais do leite. Anais do I Simpósio de patologia clínica veterinária da região sul do Brasil. Porto Alegre, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 31 – 47, 2003.

GLORIA, J. R.; BERGMANN, J. A. G.; QUIRINO, C. R.; *et al.* Curvas de lactação de quatro grupos genéticos de mestiças Holandês-Zebu, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.10, p. 2160 – 2165, 2010.

HERRERA, L. G. G.; FARO, L.; ALBUQUERQUE, L. G.; *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos para produção de leite e persistência da lactação em vacas Gir, aplicando modelos de regressão aleatório. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.9, p.1584 - 1594, 2008.

JENSEN, M. C. Milk composition Academic Press, San Diego, 1995. 209p.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. D. A.; PAULINO, M. F.; Gomes Júnior, P. Tamanho relativo dos órgãos internos de zebuínos sob alimentação restrita e ad libitum. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 374 - 380. 1999.

MERTENS, D.R.; Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and rations formulation. Anais do Simpósio Internacional de Ruminantes. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, Brasil, p. 1 – 32, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth Rev. Ed. Update, Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1988. 158p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Revised Ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

OLIVEIRA, I. S.; CABRAL, L. S.; ZERVOUDAKIS, J. T.; *et al.* Consumo, digestibilidade e desempenho de vacas leiteiras submetidas a dietas baseadas em volumosos tropicais no Centro Oeste do Brasil. *Livestock Research for Rural Development*. v. 23, 2011.

RAJALA-SCHULTZ, P.J. *et al.* Association Between Milk Urea Nitrogen and Fertility in Ohio Dairy Cows. *Journal Dairy Science* v.84, p. 482 – 489, 2001.

SOUZA, V. L. Parametrização a avaliação de modelos de estimativas das exigências e do desempenho de bovinos leiteiros para uso no Brasil. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agrigultura “Luiz de Queiroz” – Piracicaba, 2015.

TEIXEIRA, R. M. A.; LANA, R. P.; FERNANDES, L .O.; *et al.* Desempenho produtivo de vacas da raça Gir leiteira em confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.11, p. 2527 - 2534, 2010.

TYRREL, H.F.; MOE, P.W. Effect of intake on digestive efficiency. *Journal Dairy Science*, v. 58, p. 602 – 612, 1974.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarchpolysaccaridies in relation to animal nutrition. *Journal. Dairy Science*, v.74, n.9, p.3583 – 3597, 1991.

CAPÍTULO III

Partição da energia e exigências nutricionais para manutenção e lactação de vacas Gir e F1 Holandês x Gir nos terços médio e final da lactação em diferentes planos nutricionais

RESUMO

Aproximadamente 70% do rebanho leiteiro do Brasil é composto por animais com algum grau de sangue zebuino. Apesar disto, ainda há escassez de dados sobre o metabolismo e as exigências nutricionais destes animais. Objetivou-se com este trabalho estudar a partição energética e as exigências nutricionais de energia para manutenção e lactação de fêmeas bovinas pertencentes aos grupos genéticos Gir e F1 Holandês x Gir nos terços médio e final da lactação, assim como estabelecer o efeito da restrição alimentar programada sobre os parâmetros supracitados. Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior CEB, CED e CEM que os animais Gir em todas as fases avaliadas. A EB perdida nas fezes foi superior nos animais F1 Holandês x Gir, (23,77% do CEB), enquanto nos animais Gir este valor foi de 20,54%. A porcentagem da energia perdida sob a forma de metano e na urina não apresentou diferença entre os grupos genéticos avaliados sendo os valores médios de 6,17 e 3,6% do CEB, respectivamente. O coeficiente de metabolizabilidade não apresentou diferença entre os grupos, sendo o valor médio de 0,6752, assim como o "k", que foi equivalente a 56%. Não houve diferença entre as exigências nutricionais para manutenção entre as raças, sendo de 101,75 Mcal/Kg de PV^{0,75}. As exigências de energia para lactação foram superiores nos animais F1 Holandês x Gir devido ao maior volume de leite produzido, já que não houve diferença nas exigências de energia para produção de um Kg de leite. Nos animais F1 Holandês x Gir as restrições alimentares ocasionaram o aumento do percentual da energia bruta perdida sob a forma de metano e da porcentagem de energia bruta direcionada para lactação, sem alterar a proporção de perdas de energia na forma de urina e fezes. Nos animais Gir não houve diferença nas perdas como metano, fezes e urina em

função do plano nutricional, sendo maior percentual da energia bruta direcionado para produção de leite.

Palavras-chave: leite, mestiços, restrição alimentar, zebuínos,

INTRODUÇÃO

Historicamente, a utilização de animais de origem zebuína e seus cruzamentos com animais de origem taurina caracteriza a viabilização dos sistemas de produção de leite em condições tropicais. Aproximadamente 70% do rebanho leiteiro do Brasil é composto por animais com algum grau de sangue zebuino, sendo mais utilizados cruzamentos oriundos da raça Gir leiteiro, provavelmente devido ao maior tempo de seleção da raça para produção de leite, quando comparada às demais raças zebuínas. Os cruzamentos de animais provenientes da raça Holandês com animais da raça Gir leiteiro têm como objetivo utilizar o fator da heterose, além de combinar as principais características de cada raça. Fêmeas leiteiras oriundas deste cruzamento caracterizam-se por apresentar boa produção de leite, associada à uma excelente adaptação às condições tropicais.

Apesar da considerável participação dos animais zebuínos e cruzados no rebanho nacional, pouco se sabe da eficiência de utilização e da partição da energia, assim como são praticamente inexistentes os dados sobre exigências nutricionais destes animais.

A digestão e a absorção de nutrientes constituem fontes de variação potencial na eficiência produtiva. Embora esses fatores sejam influenciados pela manipulação da dieta, parece haver interferência entre raças ou indivíduos nestes fatores (Baumgard, 2012).

A principal fonte de variação na eficiência de vacas leiteiras é a partição de nutrientes, sendo este conceito pela primeira vez mencionado por Hamman (1952). Em linhas gerais, esta variável pode ser descrita como uma mudança na prioridade

dos tecidos e sistemas em um determinado plano nutricional. A partição de nutrientes será responsável por determinar qual fração da energia consumida será direcionada para manutenção, lactação ou variação do peso.

Em animais em lactação, a produção de leite e a manutenção serão as parcelas mais representativas da energia líquida necessária diariamente. A proporção da manutenção em relação à energia total ingerida, dependerá da parcela direcionada para produção de leite, sendo este efeito conhecido como efeito de diluição da manutenção.

Objetivou-se com este trabalho determinar as exigências nutricionais de energia para manutenção e lactação e estudar a partição energética entre manutenção e lactação de fêmeas bovinas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, submetidas à restrição alimentar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal (LAMACA) do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, situado em Belo Horizonte, Brasil. O experimento foi realizado entre abril de 2014 e maio de 2015. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas adultas, no terço médio e final da lactação, com dias em lactação (DEL) médio de 130 dias no início da coleta de dados, sendo seis animais da raça Gir, com peso vivo (PV) médio de 482,29 Kg e seis animais F1 Holandês x Gir, com PV médio de 510,29 kg. Os animais utilizados eram provenientes da Campo Experimental da EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, situada na cidade de Felixlândia. Os animais F1 Holandês x Gir produziram, ao longo de toda a lactação, 4833,9 Kg de leite. Já os animais Gir produziram, neste mesmo período, 2603,5 Kg.

Os animais foram alojados em confinamento do tipo *tie-stall*, com comedouros e bebedouros individuais. A dieta era composta por silagem de milho, núcleo mineral e concentrado à base de farelo de soja e milho moído. A relação de volumoso:concentrado utilizada foi de 60:40. A tabela 1 expressa a composição química e bromatológica dos componentes da dieta.

Tabela 1. Composição química bromatológica da silagem de milho, do concentrado, e da dieta total oferecidos a animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca

NUTRIENTE	SILAGEM DE MILHO	CONCENTRADO	DIETA TOTAL
MS*	28,83*	88,0*	53,49
MO	91,56	96,01	93,94
PB	8,1	23,64	14,31
EE	3,88	3,48	3,72
FDNcp	47,78	21,54	37,28
FDA	26,26	4,59	17,59
HEM	21,52	16,95	16,69

MS – matéria seca; * Valores expressos em relação à matéria natural; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA – fibra insolúvel em detergente ácido; HEM – hemicelulose.

A dieta inicial foi calculada com base no NRC (2001), de forma a suprir as exigências nutricionais para manutenção, lactação e ganho de peso de 200 g/dia. O experimento foi dividido em quatro períodos, de acordo com a quantidade de matéria seca a ser ofertada a cada animal. O primeiro período constituiu-se de consumo *ad libitum*, no qual a quantidade de alimento consumido (oferecidos e sobras) era pesada diariamente, e ajustada de forma a permitir quantidade de sobras superior a 15% da quantidade de matéria seca oferecida. Ao final desta fase, determinou-se o CMS médio de cada animal. As fases seguintes constituíram-se de períodos de

restrição na oferta de matéria seca, baseadas no consumo individual obtido na primeira fase. As restrições foram equivalentes a 5, 10 e 20%, e constituíram os períodos 2, 3 e 4, respectivamente. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, imediatamente após as ordenhas. Cada período experimental teve duração mínima de 21 dias antes do início do ensaio de digestibilidade. Não houve necessidade de ajuste do teor de proteína da dieta durante as restrições alimentares, pois em todas as fases as quantidades oferecidas eram suficientes para suprir as exigências proteicas dos animais.

As ordenhas foram realizadas duas vezes ao dia, às 6 e às 15 horas. Quinzenalmente os animais foram pesados após a primeira ordenha e antes de receberem a alimentação, e imediatamente antes do início da avaliação em câmara respirométrica. A mensuração do volume de leite e a coleta para determinação da composição foram feitas no menor intervalo de tempo possível antes da avaliação em câmara respirométrica. As análises da composição do leite (gordura, proteína, lactose) foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite da UFMG (LabUFMG).

O CMS individual foi mensurado diariamente através da pesagem diária dos alimentos oferecidos e das sobras. Ao final de cada período experimental realizou-se um ensaio de digestibilidade, com coleta total de fezes durante 72 horas. Durante este período eram coletadas amostras do alimento oferecido, das sobras e das fezes. Após o período de coleta total de fezes realizou-se coleta de uma amostra *spot* de urina quatro horas após o fornecimento de alimento, para determinação do volume urinário produzido diariamente segundo Valadares *et al.* (1999).

Após o ensaio de digestibilidade os animais foram alojados em câmara respirométrica de circuito aberto por aproximadamente 20 horas para avaliação, sendo que o animal recebia a mesma dieta que estava sendo oferecida anteriormente durante o ensaio de digestibilidade aparente e coleta de urina. Foram mensurados o volume de gás oxigênio consumido e de gás carbônico e metano produzidos, sendo estes dados utilizados para cálculo da produção de calor segundo

Brouwer (1965). A determinação da EB das fezes, da urina, da dieta oferecida e das sobras foi feita em calorímetro adiabático modelo PAAR-1281. O consumo de energia bruta (CEB) foi determinado através da multiplicação dos componentes da dieta por seus respectivos calores de combustão. O valor de energia digestível foi obtido pela subtração da energia perdida como fezes do CEB. A energia metabolizável (EM) foi determinada pela subtração EM pela energia perdida como metano, obtida em câmara respirométrica, e da energia perdida como urina. O incremento calórico (IC) foi determinado pela subtração dos valores de produção de calor em jejum da produção de calor do animal alimentado. As exigências nutricionais de manutenção foram determinadas pela mensuração da produção de calor em câmara respirométrica, após o período de 48 horas de jejum de alimentos sólidos. O jejum ocorreu após os quatro planos alimentares, ao final do experimento. O valor obtido para exigência de manutenção ao final do experimento foi utilizado para todos os períodos avaliados. As exigências nutricionais para produção de leite foram determinadas pelos calores de combustão obtidos de cada componente do leite, sendo estes gordura, proteína e lactose (NRC 2001) multiplicados pelo volume diário total de leite produzido. A energia disponível para variação do peso corporal, ou balanço de energia, foi feito pela subtração dos valores da produção de calor alimentada e de energia líquida para produção de leite do consumo de EM.

O coeficiente de metabolizabilidade “q” foi determinado pela razão entre CEM e CEB. A eficiência de utilização da EM, “k” foi determinada pela razão entre CEL e CEM. A energia retida foi determinada pela soma dos valores de energia direcionados para produção de leite e/ou ganho de peso.

Os animais receberam a cada 14 dias aplicação de 2 mL de somatotropina bovina recombinante (Boostin®, 500, mg) por via subcutânea, na fossa ísquio-retal previamente desinfetada, alternando-se os lados esquerdo e direito. Optou-se pela aplicação de somatotropina a partir do início do experimento a fim de retardar a queda na curva de lactação dos animais, o que inviabilizaria as avaliações.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com cada animal representando uma parcela experimental. Foram utilizados dois tratamentos com seis repetições cada. Foram utilizadas quatro subparcelas, sendo cada período nutricional subparcela. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2: Partição da energia em vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, no plano *ad libitum*, e restrições alimentares de 5, 10 e 20%

	GIR				F1 Hx G				CV
	AL	5%	10%	20%	AL	5%	10%	20%	
EB Mcal	48,2 ^{Ba}	42,2 ^{Bb}	40,8 ^{Bb}	39,6 ^{Bb}	66,8 ^{Aa}	57,8 ^{Aa}	54,8 ^{Aab}	52,7 ^{Bb}	5,9
EBf Mcal	9,6 ^B	7,8 ^B	9,0 ^B	8,8 ^B	16,7 ^A	14,0 ^A	12,0 ^A	12,4 ^A	16,5
EBf/ EB %	19,9 ^B	18,4 ^B	21,7 ^B	21,9 ^B	25,1 ^A	24,3 ^A	21,9 ^A	23,7 ^A	16,8
ED Mcal	38,6 ^B	34,4 ^B	31,9 ^B	30,8 ^B	50,1 ^A	43,7 ^A	42,8 ^A	40,2 ^A	7,72
CH ₄ /dia L	299,5 ^B	278,6 ^B	280,5 ^B	289,1 ^B	371,6 ^A	346,9 ^A	360,8 ^A	364,4 ^A	11,7
CH ₄ /Kg MS	5,8 ^A	6,3 ^A	6,5 ^A	6,5 ^A	5,2 ^B	5,7 ^B	6,2 ^B	6,9 ^B	13,6
EBu Mcal	1,9	1,7	1,8	1,8	2,1	2,4	2	2,3	11,6
EBu/ EB %	4,1	4,2	4,4	4,6	3,2	4,1	3,7	4,4	11,1
EM Mcal	33,9 ^{Ba}	29,9 ^{Bab}	27,4 ^{Bb}	26,2 ^{Bb}	44,4 ^{Aa}	38,4 ^{Ab}	37,3 ^{Ab}	34,4 ^{Ab}	8,54
I.C. Mcal	14,8	14,2	12,7	9,5	19,4	14,8	14,8	15,2	21,5
I.C./ EB %	30,8	33,9	31,9	28,8	28,7	25,7	27,1	24,1	20,8
IC/ Kg de MS	1,5	1,4	1,6	1,2	1,3	1,1	1,12	1,3	20,5
ELL Mcal	7,1 ^B	7,1 ^B	8,0 ^B	7,3 ^B	13,7 ^A	13,5 ^A	14,0 ^A	12,9 ^A	10,0
ELL Mcal/ L	0,83	0,92	0,86	0,82	0,8	0,8	0,78	0,8	9,63
ELL/EB	14,4 ^{Bb}	16,4 ^{Ba}	19,5 ^{Ba}	18,4 ^{Ba}	20,6 ^{Ab}	23,4 ^{Aab}	25,6 ^{Aab}	24,5 ^{Aa}	14,1
ELm Mcal	9,97	10	9,91	9,78	11,1	11,42	11,4	11,38	1,39
ELm kcal	97,52	97,52	97,52	97,52	106,45	106,45	106,45	106,45	6,5
ELm/EB	16,7	19,8	20,9	21,6	20,7	23,8	24,6	24,9	6,8
BE Mcal	0,85	-1,3	-3,29	-0,37	0,03 ^a	-1,73 ^a	-2,93 ^a	-5,16 ^b	18,5

Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre as restrições alimentares, e valores seguidos por letras maiúsculas na mesma linha diferem entre os grupos genéticos pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% ($P < 0,05$). CV – coeficiente de variação; CMS – consumo de matéria seca; EB – energia bruta; ED – energia digestível; CH₄ – metano; EM - energia metabolizável; IC – incremento calórico; ELL – Energia líquida direcionada para lactação; ELL/ EB – porcentagem da energia bruta consumida direcionada para lactação; ELM – Energia líquida para manutenção; ELM/EB – porcentagem da energia bruta que foi direcionada para ELM.

Plano *ad libitum*

O CEB foi maior no grupo F1 Holandês x Gir (66,81 Mcal/dia) em relação ao grupo Gir (48,23 Mcal/dia). Jorge *et al.* (1999), avaliando o tamanho e peso dos órgãos internos de animais zebuínos, verificaram que estes animais possuem órgãos menores que os taurinos, especialmente os compõe o trato digestivo. Isto Justifica o maior CMS pelos animais F1 Holandês x Gir (14,88 Kg de MS/dia) em relação aos Gir (9,95 Kg de MS/dia). Souza (2015), em meta análise sobre parâmetros produtivos em vacas mestiças em lactação, encontrou CMS de 15,5 kg de MS, valor este próximo ao apresentado pelos animais F1 Holandês x Gir. Considerando a baixa variabilidade dos valores de EB dos alimentos, o CEB animais também apresentou valores semelhantes. Assim como Xue *et al.* (2011) que encontraram CEB de 66 Mcal/dia em animais taurinos mestiços em lactação.

A EB perdida nas fezes foi maior nos animais F1 Holandês x Gir, 16,75 Mcal/dia, em relação aos animais Gir, 9,61 Mcal/ dia. Este resultado era esperado em função do maior consumo nos animais F1 Holandês x Gir. Entretanto, o percentual de energia perdido nas fezes em relação ao CEB, também foi maior nos animais F1 Holandês x Gir (25,11%) em comparação aos animais Gir (19,94%). Segundo Ferrel e Oltjen (2008) altos níveis de ingestão de MS, e consequentemente de EB, aumentam a taxa de passagem da digesta, reduzindo o aproveitamento do alimento e aumentando a quantidade de energia perdida nas fezes, o que pode explicar as observações do presente estudo. Xue *et al.* (2011), comparando animais cruzados

com animais puros encontraram valores de 22,4% da EB perdida nas fezes, valores próximos ao encontrado sem, entretanto, identificar efeito racial para esta variável.

O consumo de energia digestível (CED) foi maior em animais F1 Holandês x Gir em comparação aos animais Gir, 50,057 e 38,632 Mcal/dia, respectivamente. Este maior CED é reflexo do CEB, que também foi maior nos animais F1 Holandês x Gir.

A produção de metano por dia foi maior nos animais F1 Holandês x Gir (371,61 L) em relação aos animais Gir (299,52 L). Avaliando-se a relação entre metano produzido e CEB, verificou-se que não houve diferença entre os grupos genéticos, sendo o valor médio de 5,55% da EB foi perdida como metano. Lage (2011) comparando novilhas destas mesmas raças encontrou resultados similares na relação entre metano e CEB, com valores médios de 5,93%. Os resultados encontram-se dentro limite inferior da faixa proposta pelo USEPA (2006) de 5,5 a 6,5% da EB perdida como metano para animais em lactação.

A perda energética na forma de urina não apresentou diferença entre os grupos genéticos, sendo em média 3,67% da EB ingerida. Valores estes que se aproximam dos dados encontrados por Xue *et al.* (2015); Clark *et al.* (2007); Gabel *et al.* (2003), que determinaram a proporção de 3,5 a 6% da EB perdida como urina, em animais em lactação e crescimento. ‘

Em reflexo aos maiores CEB e CED apresentados pelos animais F1 Holandês x Gir, e pela ausência de diferença nos percentuais de perda como metano e urina, CEM foi superior nos animais F1 Holandês x Gir (44,387 Mcal/dia) em relação aos animais Gir (33,829 Mcal/dia). Flat *et al* (1965) encontraram valores de CEM de 35,81 Mcal/dia para animais no terço médio da lactação, próximo ao apresentado pelos animais Gir.

O incremento calórico (IC) foi semelhante entre os grupos genéticos, sendo em média 18,673 Mcal/dia, assim como a relação do IC com a EB ingerida também não apresentou diferença entre os grupos genéticos (em média, 29,78% da EB ingerida

foi perdida como IC). Segundo Van Soest (1994) o IC varia em função do tipo de dieta e das características do metabolismo do animal. Este autor propôs uma faixa entre 20 a 42% de perda da EB na forma de incremento calórico. Sendo que para animais em lactação estes valores estariam próximos a 30%. Os animais Gir apresentaram maior IC por KG de MS consumida, ainda que dentro da faixa proposta por Van Soest (1994) Este fato poderia ser explicado, possivelmente, devido à dupla aptidão destes animais, que possuem habilidade para produção de leite e ganho de peso, sendo esta última função com menor eficiência de conversão de EM em EL. A inexistência de dados a respeito da partição da energia em animais zebuínos em lactação impede a comparação com outros trabalhos.

A exigência de energia líquida para produção de um kg de leite foi semelhante entre os grupos genéticos, sendo necessários 0,819 Mcal para produção de cada Kg de leite. O valor encontrado aproxima-se do proposto pelo NRC (2001) para produção de leite com composição semelhante à apresentada pelos animais. O NRC (2001) propõe que a composição do leite é o fator que mais influencia a exigência de energia líquida para produção de um kg leite. Fox *et al.* (2004) propõe que a energia líquida para produtos de origem animal é equivalente ao calor de combustão de seus componentes, no caso do leite, gordura, proteína e lactose. Em função da maior produção de leite apresentada pelos animais F1 Holandês x Gir, a EL direcionada para produção de leite por dia, foi maior nestes animais (13,752 Mcal/dia), em relação aos animais Gir (7,103 Mcal/dia).

Não houve diferença entre as exigências nutricionais para manutenção entre as raças, sendo o valor médio de 101,98 Kcal/ Kg de PV^{0,75}. Segundo Brouwer(1965) a produção de calor em jejum equivale às exigências nutricionais para manutenção. Lofgreen e Garret (1968) utilizando a técnica de abate comparativo, determinaram a produção de calor em jejum como sendo de 77 Kcal/kg de PV^{0,75}. O NRC (2000) adota este valor de 77 Kcal/kg de PV^{0,75}. O NRC (2001) adotou o valor de 80 kcal/Kg de PV^{0,75}, considerando as correções para as diferenças entre peso vazio dos animais e atividade realizada. Os comitês internacionais como NRC, CISRO e AFRC sugerem um acréscimo de 10 a 20% nas exigências nutricionais devido às

alterações na lactação, como o aumento da circulação sanguínea para suprir o aporte de glicose à glândula mamária, ocasionando um aumento da atividade de órgãos como coração e pulmão. Ocorre também um aumento da atividade hepática para realização de processos como a gliconeogênese. Estes órgãos apesar de representarem, aproximadamente 5 a 6% do peso vivo do animal, requerem grande parte da demanda energética dos bovinos (Huntington e Reynolds, 1987).

Tyrrel *et al.*(1992) comparando a exigência de manutenção em animais Holandês e Jersey, afirmaram não haver diferença entre as raças. Entretanto, as duas raças avaliadas por estes autores eram de origem taurina e com alta produção de leite. A alta capacidade de produção leiteira pode ser capaz de diluir as exigências de manutenção em relação ao total das exigências do animal. Porém no caso de animais zebuínos e cruzados, que apresentam capacidade de produção ligeiramente inferior à dos animais taurinos, as exigências nutricionais para manutenção podem representar uma maior parcela da exigência de energia líquida total, e por isso, necessitam de mais estudos.

Lage (2011) determinou as exigências nutricionais para manutenção em novilhas adultas dos grupos genéticos Gir e F1 Holandês x Gir, e verificou que não houve diferença entre as raças para esta variável, sendo o valor médio encontrado de 84,43 Kcal/kg de PV^{0,75}. Entretanto, durante a lactação ocorre uma maior atividade metabólica dos órgãos e tecidos para produção de leite, o que justifica a maior exigência de manutenção encontrada para estes animais em lactação.

A quantidade de EL disponível para deposição de tecidos foi semelhante entre os grupos genéticos, sendo em média -0,444 Mcal/dia. Segundo o NRC (2001), para animais em escore de condição corporal semelhante ao apresentado pelos animais nesta fase da lactação, o valor de EL disponível para ganho de peso seria suficiente para promover uma alteração de peso de 0,072 Kg por dia, ou seja, estes animais estavam em balanço energético próximo de zero. No terço médio da lactação os animais já passaram pelo pico de produção e já restabeleceram o CMS, e com o consumo adequado conseguem suprir as exigências nutricionais, saindo do balanço

energético negativo. Assim, as variações de peso tendem a ser pequenas nesta fase, como ocorreu com os animais do presente experimento. Posteriormente, em caso de excesso de energia inicia-se o processo de ganho de peso e preparação para o próximo parto (Bauman e Currie, 1980; NRC, 2001).

Restrições alimentares

Nos animais Gir os diferentes níveis de restrição alimentar não foram suficientes para alterar o CEB, sendo em média 40,91 Mcal/dia. Este consumo foi inferior ao apresentado pelos animais na fase *ad libitum* (48,23 Mcal/dia). Os animais do grupo genético F1 Holandês x Gir sob a restrição de 5% apresentaram CEB superior à restrição de 20%, 57,782 e 52,677 Mcal/dia, respectivamente. O CEB na restrição de 10% foi semelhante aos dois períodos (54,839 Mcal/dia). Sendo esses valores inferiores ao apresentado na fase *ad libitum*. A discussão a respeito do CEB nestas fases faz-se restrita pelo fato do CEB ter sido determinado previamente. Além disso, as restrições eram intencionalmente leves, a fim de promover alterações no processo digestivo sem, contudo, alterar a homeostase dos animais, nem promover quadros de deficiências.

A porcentagem de energia perdida nas fezes foi maior no grupo genético F1 Holandês x Gir, 23,32%, em comparação aos animais Gir, 20,73%, assim como ocorreu na fase *ad libitum*. Entretanto, não houve diferença entre as restrições nos diferentes grupos genéticos. Clark *et al.* (2007) avaliando a restrição alimentar programada em novilhos em terminação não observaram diferença no percentual de energia perdida nas fezes entre as diferentes restrições, 10 e 20%, sendo estes valores inferiores ao apresentado na fase *ad libitum*. Nesse experimento, o consumo de energia metabolizável (CEM), não apresentou diferença entre as restrições, sendo superior nos animais F1 Holandês x Gir em relação aos Gir.

A produção diária de CH₄ não apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as restrições e a fase *ad libitum* nos dois grupos genéticos, sendo superior em todas as fases para animais F1 Holandês x Gir em relação aos animais Gir, 360,81 e 286,97 L/dia.

Entretanto a porcentagem da EB perdida como metano não apresentou diferença entre os grupos genéticos, sendo em média 6,17%.

O percentual do CEB perdido como urina nas restrições alimentares foi superior, 4,11%, em relação ao apresentado na fase *ad libitum* nos animais F1 Holandês x Gir. Nos animais da raça Gir não houve diferença entre as restrições e a fase *ad libitum*. Clark *et al.* (2007), avaliando níveis de restrição de matéria seca semelhantes aos do presente estudo (10 e 20%), reportaram o aumento da energia perdida como urina em função da restrição alimentar. Este aumento foi atribuído ao provável aumento do consumo de água nas fases de restrição. Por questão comportamental, na restrição de alimento os animais tendem a procurar beber de água um maior número de vezes.

O CEM não apresentou diferença entre as restrições nos animais F1 Holandês x Gir, com média de 36, 61 Mcal/dia, sendo em todas as fases inferior ao apresentado na fase *ad libitum* ($P < 0,05$). Nos animais Gir o CEM na restrição de 5%, 29,97 Mcal/dia, foi igual ao apresentado na fase *ad libitum* e nas demais restrições, em média 27,02 Mcal/dia. Além disto, em todas as fases, os valores apresentados pelos animais F1 Holandês x Gir foram superiores aos apresentados pelos animais Gir.

O IC da dieta não apresentou diferença entre as restrições e os grupos genéticos, sendo em média 13,618 Mcal/dia. Todavia, a energia perdida como IC em função do Kg de matéria seca consumida pelos animais Gir foi superior nas restrições de 5 e 10%, 1,52 Mcal/ Kg de MS consumido em relação à fase de 20%, 1,22 Mcal/ Kg de MS consumido. Os animais F1 Holandês x Gir não apresentaram diferença no IC em função do consumo de matéria seca, sendo em média de 1,2 Mcal/ kg de MS consumido. Flatt *et al* (1969) relataram o superioridade do IC em vacas em lactação alimentadas em níveis inferiores ao *ad libitum*, com um aumento de 3% do incremento calórico em função da energia bruta consumida. Segundo Van Soest (1994) o IC para animais em lactação apresenta valores próximos a 30%, podendo este valor chegar a até 42% para animais em ganho de peso.

A quantidade de energia direcionada para produção de leite não apresentou diferença entre as restrições e a fase *ad libitum*. Em todas as fases avaliadas a quantidade de energia direcionada para produção de leite nos animais F1 Holandês x Gir foi maior em relação aos animais Gir, devido à maior produção de leite apresentada pelos animais F1 Holandês x Gir. Entretanto, a relação entre CEB e energia direcionada para produção de leite foi superior na restrição de 20% em relação ao *ad libitum*, as restrições de 5 e 10% apresentaram valores intermediários entre as duas fases. Estes valores comprovam uma maior eficiência para produção de leite nas restrições alimentares, já que um maior percentual da energia ingerida foi direcionado para produção de leite.

O déficit energético em função da restrição alimentar foi maior na restrição de 20% nos animais F1 Holandês x Gir, (-5,163 Mcal/dia), em relação às demais fases, que tiveram média de -2,33 Mcal/dia. Nos animais Gir não houve diferença entre os planos alimentares, sendo a deficiência energética média de -1,209 Mcal/dia.

As exigências nutricionais de energia direcionadas para manutenção foram superiores nos animais F1 Holandês x Gir (11,399 Mcal/dia) em comparação aos animais Gir, (9,9 Mcal/dia). Esta diferença ocorreu devido ao maior peso vivo apresentado pelos animais F1 Holandês x Gir. Já que não houve diferença ($P < 0,05$) na produção de calor em jejum entre os grupos genéticos, o que representa não haver diferença entre as exigências nutricionais para manutenção por kg $PV^{0,75}$ entre os grupos genéticos avaliados.

Tabela 3. Eficiência de utilização de energia bruta para energia metabolizável (“q”) e eficiência de conversão da energia metabolizável em energia líquida (“k”) em animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.

	GIR				F1 HxG				CV
	AL	5%	10%	20%	AL	5%	10%	20%	
q	0,7	0,66	0,67	0,66	0,66	0,7	0,68	0,65	9,71
k	0,48	0,51	0,53	0,56	0,55	0,6	0,59	0,63	16,24

Os coeficientes de metabolizabilidade, energia retida em produtos e “k” foram expressos como média entre os grupos Gir e F1 Holandês x Gir, devido à ausência de diferença entre todos os parâmetros pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). CV – coeficiente de variação

A relação entre energia metabolizável e energia bruta, também conhecida como “q”, ou coeficiente de metabolizabilidade não apresentou diferença ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos ou entre os planos alimentares, sendo em média de 67,52. Isto significa que 67,52% da energia bruta ingerida foi conservada como energia metabolizável. Xue *et al.* (2011) não encontraram diferença para a metabolizabilidade entre animais taurinos e animais cruzados consumindo a mesma dieta, ou consumindo dietas com diferentes níveis de concentrado, sendo encontrado valor médio do “q” de 67,2. Ferreira (2014) trabalhando com novilhos F1 Holandês x Gir alimentados com dieta a base de silagem de milho e concentrado, em diferentes planos nutricionais encontrou valores diferentes de metabolizabilidade em função do nível de alimentação. Sendo que em animais alimentados próximos a manutenção este coeficiente foi de 0,65, e nos planos com alimentação *ad libitum* este coeficiente foi de 0,61.

A eficiência de conversão de energia metabolizável para energia líquida, correspondente ao valor designado como “k” tem sido relatada pelo NRC (2001) com valores próximos a 0,64. Todavia estes valores são determinados em animais taurinos e em condições diferentes as apresentadas no Brasil. Vêras *et al.* (2001), trabalhando com novilhos zebuínos encontraram valores inferiores, de 0,56. É importante ressaltar a escassez de dados de animais zebuínos em lactação avaliados em câmara respirométrica respirométrica como fator limitante para

discussão mais aprofundada no que concerne à eficiência de utilização de energia por estes animais.

CONCLUSÃO

Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de energia bruta, energia digestível e energia metabolizável em relação aos animais Gir.

Nos animais F1 Holandês x Gir a restrição alimentar aumentou a produção de metano, enquanto nos animais Gir não houve diferença para produção deste gás em função das restrições alimentares.

Não houve diferença na porcentagem de energia bruta perdida como urina entre os grupos genéticos e as restrições alimentares, assim como não houve diferença na eficiência de utilização de energia expressas pelos coeficientes “q” e “k”.

A energia direcionada para produção de leite foi maior nos animais F1 Holandês x Gir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMAM, D. E.; CURRIE, W. B.. Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*. v. 80, p. 1514 – 1529. 1980.

BAUMGARD, L. H.; SUCUZ, N. C.; UPAH, A.; *et al.* A review of nutrient partitioning: Why is there large inter-animal variability in milk yield? Anais XVI Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos – 2012

BROUWER, E. Report of sub-committee on constants and factors. In: Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965.

CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHIMTD, T. B. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. *Journal Animal Science*, v.85, p.3383–3390, 2006.

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

FERREL, C.F.; OLTJEN, J. W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle - Concepts, application, and future models. *Journal of Animal Science*, v. 86, n. 10, p. 2779 – 2794, 2008.

FLATT, W. P. ; COPPOCK, C. E. ; MOORE, L. A., Energy balance studies with dry, non-pregnant dairy-cows consuming pelleted forages. Energy metabolism on farm animals. EEAP. 1965.

FATT, P.W. ; MOE, P. W. ; MUNSON, A.W. ; COOPER, T. Energy utilization by high producing dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.48, p 235 – 247. 1969.

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.

GABEL, M.; PIEPER, B.; FRIEDEL, K.; *et al.* Influence of Nutrition Level on Digestibility in High Yielding Cows and Effects on Energy evaluation Systems. *Journal Dairy Science*, v.86, p.3992–3998, 2003.

HRISTOV, J. O.; FIRKINS, J. L.; DIIJKSTRA, J.; *et al.* Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: A review of enteric mitigation options. *Journal Dairy Science*, v. 91, p.5045-5069, 2013.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. D. A.; PAULINO, M. F.; Gomes Júnior, P. Tamanho relativo dos órgãos internos de zebuínos sob alimentação restrita e ad libitum. *Revista Brasileira de Zootecnia*, p. 374 - 380. 1999.

KNAPP, J. R.; LAUR, G. L. VADAS, P. A. *et al.* Invited review: Enteric methane in Dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal Dairy Science*, v. 97, p. 3231 – 3261, 2014.

LAGE, H.F. Partição da energia e exigência de energia líquida para manutenção de novilhas Gir e F1 Holandês x Gir. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

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

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Revised Ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

TYRRELF.H.; MOE, P.W. Net energy values for lactation of a high and low concentrate ration containing silage. *Journal Dairy Science*, v. 55, p. 1106 – 1112, 1972.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTIONS AGENCY (USEPA). Global anthropogenic non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990–2020. Washington, DC. 2006.

VALADARES, R.F.D., BRODERICK, G.A., VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal Dairy Science*, v.8, p. 2686 – 2696, 1999.

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

XUE, B.; YAN, T. FERRIS, C.F.; *et al.* Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. *Journal Dairy Science*, v.94, p.1455–1464, 2011.

CAPÍTULO IV

Influência da restrição alimentar sobre o perfil metabólico de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho determinar valores de referência para o perfil metabólico de vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, além de avaliar o efeito da restrição alimentar sobre estes parâmetros. Os animais Gir e F1 Holandês x Gir apresentaram concentrações de AST, NUP, creatinina, cálcio proteína total, albumina e colesterol dentro da faixa de normalidade proposta por Kaneko (2008), sendo os valores apresentados para estes metabólitos de 44,53; 13,39; 1,92; 9,92; 8,86; 3,43 e 158,78 mg/dL. Os valores de glicose foram, em média, 85,35 mg/dL apresentaram-se acima da faixa proposta na literatura. As concentrações de β -hidroxibutirato foram superiores nos animais F1 Holandês x Gir em relação aos animais Gir. Não houve efeito da restrição alimentar sobre os metabólitos AST, ureia, creatinina, cálcio, proteína total, albumina, colesterol e glicose, sendo estas concentrações médias de 61,63; 28,54; 1,79; 10,03; 8,93; 3,45 e 73,47 mg/dL respectivamente.

Palavras-chave: energia, mestiços, patologia clínica, restrição, zebuínos,

INTRODUÇÃO

Perfil metabólico é definido como um conjunto de exames que permite estabelecer por meio de análises sanguíneas de grupos representativos de animais de um mesmo rebanho, o grau de adequação nas principais vias metabólicas relacionadas com metabolismo de proteínas, de energia e de minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais para a homeostase e homeorrese corporal e a produção de leite. (Wittwer, 2000)

A homeostase é o controle que atua constantemente acompanhando as necessidades do organismo com o objetivo de manter ao longo do dia o equilíbrio do meio interno em função de metabólitos, que são alterados pelo consumo alimentar. A homeorrese orchestra as trocas metabólicas entre os tecidos, para cada estado fisiológico. Os controles homeorréticos, operam com particular importância, durante o início da lactação, quando o metabolismo do tecido adiposo é rapidamente alterado para suportar o novo estado fisiológico (Bauman e Currie, 1980). A maior parte da literatura sobre este assunto envolve vacas Holandês, sendo restritos os dados disponíveis na literatura científica sobre vacas Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.

No Brasil, a utilização do perfil metabólico como ferramenta auxiliar na produção de ruminantes ainda é restrita. A alta variabilidade genética do rebanho nacional e dos sistemas de criação dificultam a utilização do perfil metabólico, visto que, esses fatores exercem grande influência sobre os metabólitos sanguíneos.

Objetivou-se com este trabalho determinar os valores de referência para o perfil metabólico de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, além de avaliar o efeito da restrição alimentar sobre estes parâmetros.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal (LAMACA) do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, situado em Belo Horizonte, Brasil. O experimento foi realizado entre abril de 2014 e maio de 2015. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas adultas, no terço médio e final da lactação (DEL médio de 130 dias no início da coleta de dados) sendo seis da raça Gir, com peso vivo (PV) médio de 482,29 Kg e seis F1 Holandês x Gir, com PV médio de 510,29 kg. Os animais utilizados eram

provenientes do Campo Experimental da EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, situada na cidade de Felixlândia.

Os animais foram alojados em confinamento do tipo *tie-stall*, com comedouros e bebedouros individuais. A dieta era composta por silagem de milho, núcleo mineral e concentrado à base de farelo de soja e milho moído. Sendo a relação volumoso:concentrado de 60:40. A tabela 1 expressa a composição química e bromatológica dos componentes da dieta.

Tabela 1. Composição química e bromatológica da silagem de milho, do concentrado, e da dieta total oferecidos a animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação, expressos em porcentagem da matéria seca

NUTRIENTE	SILAGEM DE MILHO	CONCENTRADO	DIETA TOTAL
MS*	28,83*	88,0*	53,49
MO	91,56	96,01	93,94
PB	8,1	23,64	14,31
EE	3,88	3,48	3,72
FDNcp	47,78	21,54	37,28
FDA	26,26	4,59	17,59
HEM	21,52	16,95	16,69

MS – matéria seca; * Valores expressos em relação à matéria natural; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA – fibra insolúvel em detergente ácido; HEM – hemicelulose;

A dieta inicial foi calculada com base no NRC (2001), de forma a suprir as exigências nutricionais para manutenção, lactação e ganho de peso de 200 gramas por dia. O experimento foi dividido em quatro períodos, de acordo com a quantidade de matéria seca a ser ofertada a cada animal. O primeiro período constituiu-se de

consumo *ad libitum*, no qual a quantidade de alimento consumido (pesagem da quantidade de alimento oferecida subtraída da quantidade de sobras) era mensurada diariamente e ajustada de forma a permitir quantidade de sobras superior a 15%. Ao final desta fase, determinou-se o consumo de matéria seca de cada animal. As fases seguintes constituíram-se de períodos de restrição na oferta de matéria seca, baseadas no consumo individual obtido na primeira fase. As restrições foram equivalentes a 5, 10 e 20%, que constituíram os períodos 2, 3 e 4. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, imediatamente após as ordenhas. Cada período experimental teve duração mínima de 21 dias antes do início do ensaio de digestibilidade. Não houve necessidade de ajuste do teor de proteína da dieta durante as restrições alimentares, pois em todas as fases as quantidades oferecidas eram suficientes para suprir as exigências protéicas dos animais, segundo o NRC (2001).

As ordenhas foram realizadas duas vezes ao dia, às 6 e às 15 horas. A ordenha era realizada de forma manual com a presença do bezerro. No momento da ordenha os bezerros tinham livre acesso à mãe, exceto nos dias de coleta e pesagem de leite. Nestes dias, quando necessário realizava-se a administração de 0,1 mL de ocitocina (Ocitocina Sintética®, 10 UI/ml) além da presença do bezerro ao lado do tronco de contenção.

As coletas de sangue foram realizadas semanalmente por punção na veia/artéria coccígea com sistema de coleta a vácuo. As coletas eram realizadas imediatamente após a ordenha matinal e antes do fornecimento da dieta. Os tubos contendo sangue foram centrifugados por dez minutos a 3000 rpm em centrífuga Centerbio®, sendo o soro separado em microtubos tipo eppendorf (0,5 mL), que foram armazenados à - 20° C, para posteriores análises bioquímicas. As dosagens bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica do Departamento de Clínica e Cirurgia da Escola de Veterinária da UFMG, utilizando-se Analisador Bioquímico Cobas Mira Plus®, previamente calibrado e aferido com soro controle.

A dosagem de todos os metabólitos foi feita utilizando-se kits comerciais, sendo a glicose e o β -hidroxibutirato determinados pelo método colorimétrico. O colesterol, a creatinina, a albumina e as proteínas totais foram quantificados pelo método fotométrico. A ureia foi determinada pelo método enzimático e o AST pelo método cinético.

Os animais receberam a cada 14 dias aplicação de 2 mL de somatotropina bovina recombinante (Boostin®, 500, mg) por via subcutânea, na fossa ísquio-retal previamente higienizada, alternando-se os lados esquerdo e direito. Optou-se pela aplicação de somatotropina a partir do início do experimento a fim de evitar retardar a queda na curva de lactação dos animais, o que inviabilizaria as avaliações.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com cada animal representando uma parcela experimental. Foram avaliados dois tratamentos com seis repetições cada. Foram utilizadas quatro subparcelas, sendo cada fase nutricional representando uma parcela. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de facilitar a discussão dos dados, a tabela 2 expressa alguns dados sobre os parâmetros produtivos dos animais na fase *ad libitum*.

Tabela 2. Dados produtivos de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio e final da lactação.

	Grupo genético	
	Gir	F1 Holandês x Gir
Consumo de matéria seca (kg/dia)	9,49	14,87
PLC4 (kg/dia)	9,01	17,24
Eficiência alimentar	0,92	1,19
Balanço energético (Mcal/dia)	0,855	0,0327

PLC4 – produção de leite corrigida a 4% de gordura.

Em todas as coletas de sangue separava-se uma alíquota para realização do hematócrito dos animais. Em todos os períodos avaliados os valores de hematócrito encontravam-se dentro da faixa de referência proposta por Kaneko (2008) de 24 a 46%. A realização do hematócrito é de fundamental importância para avaliar além da hidratação dos animais a veracidade dos valores encontrados dos metabólitos sanguíneos. Visto que alterações do hematócrito irão sub ou superestimar os valores reais dos parâmetros analisados.

Tabela 3. Concentração, em mg/dL, de metabólitos sanguíneos de animais Gir e F1 Holandês x Gir no terço médio da lactação em diferentes planos nutricionais

	GIR				F1 H x G				CV
	A L	5%	10%	20%	A L	5%	10%	20%	
AST	41,5	75,65	58,32	62,38	48,5	54,64	62,46	56,01	33,91
NUP	13,5	13,1	14,94	13,22	13,91	13,39	13,52	13,52	30,61
Creatinina	1,97	2,03	2,08	1,97	1,86	1,75	1,71	1,37	19,75
Cálcio	9,69	9,84	10,18	10,18	10,15	10,2	9,84	10,01	3,68
Prot. total	8,46	8,99	9,01	8,83	9,31	9,47	8,74	8,88	10,75
Albumina	3,31	3,45	3,43	3,43	3,58	3,62	3,41	3,42	10,69
Colesterol	149,23	148,77	146,05	159,8	169,93	162,46	159,87	149,42	26,79
Glicose	88,2	72,01	68,39	72,66	82,01	79,4	69,67	78,63	15,17
β - BHB	0,32 ^{Bb}	0,24 ^{Bb}	0,35 ^{Bb}	0,44 ^{Ba}	0,439 ^{Aa}	0,346 ^{Ab}	0,398 ^{Ab}	0,452 ^{Aa}	10,1

Valores seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre as restrições alimentares, valores seguidos por letras maiúsculas na mesma linha diferem entre os grupos genéticos pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% ($P < 0,05$). AST – aspartatoaminotransferase; NUP – nitrogênio ureico no plasma; Prot. Total – Proteína total; β - BHB – β – hidroxibutirato; CV – coeficiente de variação.

Perfil metabólico no plano *ad libitum*

Os animais Gir apresentaram concentrações plasmáticas de glicose de 88,21 mg/dL, nos animais F1 Holandês x Gir esta concentração foi de 82,01, sendo que estes valores foram semelhantes estatisticamente. Segundo Payne e Payne (1987) as concentrações de glicose em ruminantes apresentam pequena variabilidade em função da alta capacidade de gliconeogênese hepática. Além disso, devido à necessidade deste componente em determinados tecidos como cérebro e glândula mamária, adaptações fazem com que ocorra um adequado controle das concentrações de glicose no sangue. Entretanto, os valores apresentados pelos animais Gir e F1 Holandês x Gir apresentaram-se acima da faixa proposta por Kaneko (2008) de 45 a 75 mg/dl. Uma hipótese para explicar tal fato seria que os animais avaliados no presente experimento apresentaram produção de leite menor do que as produções leiteiras frequentemente citadas na literatura por animais

altamente especializados, o que reduziria a demanda da glândula mamária por glicose. Entretanto, Ruas *et al.*(2000) avaliando o perfil metabólico de raças zebuínas encontrou concentração de glicose em animais da Gir com DEL próximo ao apresentado pelos animais do presente estudo de 64,09 mg.

Não houve diferença entre as concentrações de nitrogênio ureico no plasma dos animais Gir e F1 Holandês x Gir, sendo os valores apresentados de 13,53 e 13,91, respectivamente. Segundo Magalhães (2003) concentrações adequadas de nitrogênio ureico no plasma indicam um adequado aproveitamento da proteína da dieta, assim como uma adequada relação entre proteína e energia da dieta. Existe ainda alta correlação entre o nitrogênio ureico do leite e do plasma, visto que as membranas da glândula mamária são permeáveis a este soluto que é hidrossolúvel (Cunningham, 2004). A concentração de NUL média dos animais avaliados foi de 12,68 mg/dL. Além disso, é importante ressaltar que a mobilização proteica típica de quadros de balanço energético negativo acentuados, podem justificar alterações nos valores de ureia plasmática e de nitrogênio ureico no plasma e no leite, pois o tecido muscular esquelético age como um reservatório de aminoácidos para suportar o aumento da gliconeogênese observado nos período de déficit energético (Bell, 1995).

Os valores de aspartatoaminotransferase (AST) foram inferiores ao proposto por Kaneko (2008) de 78 a 132 U/mL. Não houve diferença entre os grupos para as concentrações de AST, sendo estes de 41,5 U/mL nos animais Gir e 48,5 U/mL nos animais F1 Holandês x Gir. O AST é uma enzima hepática que catalisa a transferência reversível dos grupos amino do aspartato para formar oxalacetato, o qual pode entrar no ciclo do ácido cítrico ou atuar como precursor de glicose. Por isso tem papel importante na síntese e degradação de aminoácidos (Stocham e Scoot, 2008). É um marcador da função hepática, sendo utilizado para detectar distúrbios metabólicos, como por exemplo cetose e estatose hepática.

O único parâmetro que apresentou variação em função do grupo genético foi o betahidroxibutirato (β -HBO), que foi de 0,439 mg/dL nos animais F1 Holandês x Gir

superior ao valor apresentado pelos animais Gir de 0,318 mg/dL. Ambos os valores encontram-se abaixo do valor 1,2 mg/dL, considerado limítrofe como indicativo de excesso de mobilização corporal, a ponto de provocar distúrbio metabólicos (Ospina et al., 2010). O β -HBO além de estar relacionado com a taxa de mobilização lipídica, pode também ser originado do butirato produzido na fermentação ruminal. De acordo com Preston e Leng (1987) e Bergman (1990), 90% do butirato produzido no rúmen é metabolizado no próprio epitélio ruminal, sendo a maior parte (75%) convertida em β -HBO e o restante em acetoacetato. Desta forma, o maior valor desta variável apresentado pelos animais F1 Holandês x Gir pode ser decorrente do maior consumo de matéria seca e, conseqüentemente da maior produção de butirato ruminal.

Não houve diferença entre os grupos raciais nos valores de proteína total e albumina, que foram em média de 8,88 e 3,44 mg/dL, respectivamente. Estes valores se encontram dentro da faixa proposta por Broderick & Clayton (1997), de 6,48 a 9,00 para proteína total e 3,00 a 3,48 para albumina. As concentrações de proteína total e albumina são abordadas na literatura como o reflexo do *status* proteico do animal e seus valores encontram-se inferiores em casos de deficiência proteica. Em quadros de deficiência proteica na dieta, os valores de nitrogênio ureico plasmático apresentam-se inferiores a 10 mg/dL, enquanto as concentrações de albumina podem permanecer normais, em torno de 3,5 mg/dL.

Não houve diferença entre as concentrações de cálcio em função do grupo genético, sendo em média 9,92 mg/dL. Kaneko (2008) estabeleceu a faixa adequada para bovinos em lactação como sendo de 9 a 11,3 mg/dL. O controle das concentrações de cálcio plasmático é importante por refletir o *status* mineral do animal, principalmente do cálcio que é um mineral muito utilizado para produção de leite.

Zambrano *et al.* (2009) avaliaram o efeito da fase da lactação sobre o perfil metabólico em vacas mestiças leiteiras. Estes autores encontraram variação nas concentrações de proteína total, albumina e β -hidroxibutirato. Estas variações

confirmam a necessidade da adequação dos valores de referência do perfil metabólico em função da fase da lactação e do grupo genético.

Perfil metabólico nas restrições alimentares

Não houve interferência do grupo genético ou do plano alimentar sobre as concentrações de AST, NUP, creatinina, cálcio, proteína total, albumina, colesterol e glicose, sendo estas concentrações médias de 61,63; 13,61; 1,79; 10,03; 8,93; 3,45 e 73,47 mg/dL respectivamente. A restrição alimentar de 20% apresentou maiores valores de β -hidroxibutirato nos dois grupos genéticos, 0,443 mg/dL nos animais Gir e 0,452 mg/dL nos animais F1 Holandês x Gir, sendo que os valores apresentados pelos animais F1 Holandês x Gir foram superiores em todas os outros planos alimentares em relação aos animais Gir.

A ausência de interferência da restrição alimentar sobre os parâmetros avaliados demonstra que a restrição alimentar foi moderada. A dieta é apontada como um dos principais fatores que afetam o perfil metabólico de bovinos. No presente experimento, não houve alteração do perfil metabólico em função da restrição alimentar, demonstrando que a homeostase do animal, que conseguiu restabelecer as concentrações plasmáticas decorrentes da restrição alimentar.

Vivenza (2012), avaliando machos F1 Holandês x Gir em níveis de alimentação diferentes (manutenção, intermediário e *ad libitum*) encontrou variação na concentração de glicose em função do plano alimentar, sendo as concentrações de glicose crescentes com o aumento do CMS. Entretanto, os diferentes CMS não influenciaram as concentrações de colesterol, ureia, creatinina, proteína total, albumina, e AST.

Moreira (2013) avaliou o efeito da estação do ano sobre o perfil metabólico de fêmeas mestiças Holandês x Gir em lactação. O autor observou que o CMS não influenciou as concentrações de colesterol, glicose, proteína total, albumina e AST.

Bjerre-Harpoth *et al.* (2012) avaliaram o efeito da restrição aguda, restrição de 60% do consumo de matéria seca por quatro dias consecutivos em animais em diferentes fases da lactação. Os autores encontraram um aumento acentuado nas concentração de β -hidroxibutirato, devido à intensa mobilização tecidual. Os valores de glicose, colesterol e nitrogênio ureico no plasma apresentaram uma pequena variação, especialmente nos animais no terço médio e final da lactação.

CONCLUSÃO

O perfil metabólico é uma ferramenta auxiliar na avaliação do *status* nutricional em bovinos de leite

A utilização de valores de referência oriundos de animais de grupo genético e planos nutricionais semelhantes é fundamental, visto que são influenciados por alguns metabólitos sanguíneos.

A restrição alimentar promoveu alteração na concentração plasmática de β -HBO, o que não ocorreu nos demais metabólitos avaliados.

O grupo genético influencia nos valores de referência de metabólitos como β -HBO, AST e glicose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal Animal Science.*, v.73, p.2804-2819. 1995.

BJERRE-HARPOTH, V.; FRIGGENS, N.C.; THORUP, V. M.; *et al.* Metabolic and production profiles of dairy cows in response to decreased nutrient density to

increase physiological imbalance at different stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.5, p. 2362 – 2380, 2012.

BERGMAN, E.N.; ROE, W.E.; KON, W. Quantitative aspects of propionate metabolism and gluconeogenesis in sheep. *Animal Journal Physiology*, v.211, p.793-799, 1970.

BRODERICK, A.G.; CLAYTON, M. K. A statistical evaluation of animal and nutrition factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal Dairy Science*, v.80, n.11, p.2964 – 2971, 1997.

CUNNINGHAM J.G, 2004. *Tratado de Fisiologia Veterinária – Terceira Edição*, Guanabara Koogan.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; & BRUSS, M.L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6^o ed. Academic Press, San Diego. 916p. 2008.

MAGALHÃES, A. C. M. Teores de nitrogênio uréico no leite e no plasma de vacas mestiças. 2003, 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Revised Ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T. *et al.* Evaluation of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *Journal of Dairy Science*, v. 93. P. 546 – 554. 2009.

PAYNE, J. M. SALLY, M. DEW, R.; MANSTON, R. ; FAULKS, R.; The use of the metabolic profiles test in dairy herds. *Veterinary Research*. 87: 150-158. 1970.

PAYNE, J. M.; PAYNE, S. The metabolic profile. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, p. 179. 1987.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A.; Ruminant production systems. Armidale: Penambul Books, 245 p. 1987.

RUAS, J. R. M.; TORRES, C.A. A.; BORGES, L. E.; *et al.* Concentrações Plasmáticas de Colesterol, Glicose e Uréia em Vacas Zebuínas, em Relação à Condição Corporal e ao Status Reprodutivo. Revista Brasileira de Zootecnia. v.29, n.6, p. 2036 - 2042, 2000

STOCKHAM, S. L.; SCOTT, M. A. Fundamental of veterinary clinical pathology. Ames Iowa: Blackwell, Publishing, 2008. 908 p.

VIVENZA, P. A. D. Perfil metabólico e hormonal de novilhos F1 Holandês x Gir submetidos à respirometria, sob diferentes planos nutricionais, em jejum e realimentação. 2012. 110p. Dissertação(Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ZAMBRANO & MARQUE JÚNIOR, A.P. Perfil metabólico de vacas mestiças leiteiras do pré-parto ao quinto mês da lactação. Zootecnia. Tropical. V. 27, p.475 - 488, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de energia bruta, energia digestível e energia metabolizável em relação aos animais Gir.

Não houve diferença na porcentagem de energia bruta perdida como urina entre os grupos genéticos e as restrições alimentares, assim como não houve diferença entre os coeficientes “q” e “k”.

A energia direcionada para produção de leite foi maior nos animais F1 Holandês x Gir.

Não houve diferença entre a energia retida em produtos, leite e carne, entre os grupos genéticos e os planos alimentares.

Os animais F1 Holandês x Gir apresentaram maior consumo de matéria seca e nutrientes, maior produção de leite corrigida para gordura 4% e maior eficiência alimentar em relação aos animais Gir nos diferentes planos alimentares.

A restrição alimentar melhorou o aproveitamento da dieta, aumento sua digestibilidade nos dois grupos genéticos.

Não houve variação na composição do leite em função do grupo genético ou do plano alimentar.

A restrição alimentar propiciou consumo de matéria seca e nutrientes suficientes para manter ou até mesmo aumentar a produção de leite dos animais dos dois grupos genéticos avaliados.

O perfil metabólico é uma ferramenta auxiliar na avaliação do *status* nutricional em bovinos de leite

Para utilização desta ferramenta é necessário a utilização de valores de referência oriundos de animais de grupo genético e planos nutricionais semelhantes, visto que estes podem influenciar em alguns metabólitos sanguíneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNEW, R. E.; YAN, T. Calorimetry. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. 2.ed. France. 2005.

AGUERRE, M. J.; WATTIAUX, M. A.; POWEL, J.; *et al.* Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal Dairy Science*, v. 94, p. 3081 – 3093, 2011.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and requirements of ruminants*. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The nutrient requirements of ruminants livestock. Technical Review by Agricultural Research Council Working Party. London: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1980, 351p.

ARNDT, C; POWEL, J. M.; AGUERRE, M. J.; *et al.* Feed conversion efficiency in dairy cows: Repeatability, variation in digestion and metabolism of energy and nitrogen, and ruminal methanogens. *Journal Dairy Science*, v. 98, p. 3938 – 3905, 2015.

BAUMGARD, L. H.; SUCUZ, N. C.; UPAH, A.; *et al.* A review of nutrient partitioning: Why is there large inter-animal variability in milk yield? *Anais XVI Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos – 2012*

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal Animal. Science*, v.73, p.2804-2819. 1995.

BERCHIELLE, T. T. ; VEGA GARCÍA, A. ; OLIVEIRA, S. G., Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudos de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES,

A.V.; OLIVEIRA, S.G.; *Nutrição de ruminantes*, edição 2, 616p. Jaboticabal: Funep, 2011.

BOBE, G.; YOUNG, J. W.; BEITZ, D. C. Invited review: Pathology, etiology, prevention and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal Dairy Science*, v. 87, p. 3105 - 3124, 2004.

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

BROUWER, E. Report of sub-committee on constants and factors. In: *Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism*. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965.

BROWN, L. D. Influence of intake on feed utilization. *Journal Dairy Science*, v. 49, p. 223 – 230. 1966.

CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. *Research School of Nutrition and Physiology*, 2004.

CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHIMTD, T. B. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. *J. Anim.Sci.* 85:3383–3390, 2006.

DRAGER, C.D.; BROWN, M.S.; JETER, M.B., and DEW P.F. Effects of feed intake restriction on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. *Professional Animal Science*. v. 20, p. 255 – 261, 2005

LAVOISIER, A. L.; LAPLACE, P. S. M. Mémoire sur la Chaleur. Mémoires de L'Académie des Sciences, Paris, p.283-333, 1780.

LAWRENCE, T. J. L.; FOWLER, V.R. Growth of farm animals. 2 ed. Wallingford: CAB International, 2002. 347p.

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

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

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

FERREL, C.F.; OLTJEN, J. W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle - Concepts, application, and future models. *Journal of Animal Science*, v. 86, n. 10, p. 2779 – 2794, 2008.

FLATT, W. P. ; COPPOCK, C. E. ; MOORE, L. A., Energy balance studies with dry, non-pregnant dairy-cows consuming pelleted forages. Energy metabolism on farm animals. EEAP. 1965.

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.

GONZÁLEZ, F.H.D. O perfil metabólico no estudo de doenças da produção em vacas leiteiras. Arquivo Faculdade Veterinária UFRGS, Porto Alegre, v.25, n.2, 1997.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 357p.

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

McDONALD, P. et al. Evaluation of food: digestibility. In: Animal Nutrition. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. Ed. 5 ,p. 607, London and New York. 1995.

MORAIS, M. G.; RANGEL, J. M.; MADUREIRA, J. S.; SILVEIRA, A. C. Variação sazonal da bioquímica clínica de vacas aneloradas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.52, n.2, p.98 - 104, 2000.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1996. 242p.

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

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHINSON, G.W., *et al.* Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle in Journal Animal Science, 84: 145-153, 2005.

ORTOLANI, E. Diagnostico de doenças nutricionais e metabólicas por meio de exames de urina em ruminantes. In: 29º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária. Gramado: Brasil. UFRGS, p.18-26, 2002.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T.S.; PEDREIRA, M. S.; *et al.* Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.39, n.3, p. 277 – 283. 2004.

PEIXOTO, L. A. de O.; BRONDANI, I. L.; NORBERG, J. L.; *et al.* Perfil metabólico protéico e taxas de concepção de vacas de corte mantidas em pastagem natural ou suplementadas com farelo de trigo com ou sem uréia. Ciência Rural. Santa Maria, v.36, n.6, p.1873 - 1877, 2006.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.: Metabolismo da energia. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G.; Nutrição de ruminates, edição 2, 616p. Jaboticabal: Funep, 2011.

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.2, p.495-500, 2007.

ROBINSON, P. H. Dry matter intake and dairy cows: Is higher intake always better?. U. C. Davis, 2012.

SANTOS, J. E. P., Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G.; Nutrição de ruminates, edição 2, 616p. Jaboticabal: Funep, 2011.

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, B. P. Large Animal Internal Medicine. 4. ed. St. Louis, Missouri-US: MOSBY-Elsevier, 2009. 1281 p.

STOCKHAM, S. L.; SCOTT, M. A. Fundamental of veterinary clinical pathology. Ames Iowa: Blackwell, Publishing, 2008. 908 p.

SUNDSTOL, F. Energy systems for ruminants. Iceland Agricultural Science., v. 7, p. 11–19, 1993.

THAUER, R. K.; KASTER, A. K.; SEEDORF, H.; *et al.* Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation. Nature Reviews Microbiology, v.6, p. 579 – 591, 2008.

THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; *et al.* Veterinary hematology and clinical chemistry. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, p. 776. 2012.

VIVENZA, P. A. D. Perfil metabólico e hormonal de novilhos F1 Holandês x Gir submetidos à respirometria, sob diferentes planos nutricionais, em jejum e realimentação. 2012. 110p. Dissertação(Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

WITTEWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.; BARCELOS, J.O.; RIBEIRO, L.A.O. Perfil metabólico em ruminantes: Seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre: Brasil. UFRGS, p.9-22, 2000.