UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Disciplina: SEMINÁRIOS APLICADOS

CONCEITOS E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA BOVINOS DE CORTE

Tiago Pereira Guimarães
Orientador: Prof. Dr. João Restle

GOIÂNIA
2011

TIAGO PEREIRA GUIMARÃES

CONCEITOS E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA BOVINOS DE CORTE

Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

Nível: Mestrado

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de pesquisa:

Metabolismo nutricional,

alimentação e forragicultura na produção animal

Orientador:

Prof. Dr. João Restle UFT

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Juliano José Resende Fernandes EVZ/UFG

Prof. Dr. João Teodoro Padua EVZ/UFG

GOIÂNIA

2011

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DA LITERATURA 3
2.1 Energia 3
2.2 Métodos de determinação de energia 4
2.2.1 Métodos Calorimétricos 4
2.2.2 Abate Comparativo 4
2.3 Tipos de energia na nutrição animal 5
2.3.1 Energia bruta (EB) 5
2.3.2. Energia digestível (ED) 6
2.3.3 Nutrientes digestíveis totais (NDT) 7
2.3.4 Energia metabolizável (EM) 8
2.3.5 Energia líquida (EL) 8
2.3.5.1 Energia líquida de mantença (ELm) e metabolismo basal 9
2.3.5.2 Energia líquida de ganho (ELg): produção e crescimento 12
2.4 Eficiência de utilização da energia 14
2.5 Exigências de energia para bovinos de corte em confinamento e pastejo 15
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 20
REFERÊNCIAS 21

LISTA DE ABREVIATURAS

AGD = ácido graxo digestível

cal = caloria

CEM = consumo de energia metabolizável

CNFD = carboidrato não fibroso digestível

EB = energia bruta

ED = energia digestível

ED_a = energia digestível aparente

EL = energia líquida

EL_g = energia líquida de ganho

EL_m = energia líquida de mantença

Elm = energia líquida para mantença

Elp = energia líquida para produção

EM = energia metabolizável

EM m+p = energia metabolizável requerida para mantença mais produção

Em_m = energia metabolizável de mantença

FDND = fibra em detergente neutro digestível

IC = incremento calórico

J = Joule

Kcal = quilocaloria

K_g = eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho

kg = quilograma

K_m = eficiência de utilização da energia metabolizável para mantença

K_{m+p} = eficiência de utilização da energia metabolizável requerida para mantença mais produção

Mcal = megacaloria

NDT = nutrientes digestíveis totais

NRC = National Research Council

PBD = proteína bruta digestível

PC = produção de calor

PCVZ = peso de corpo vazio

$PCVZ^{0,75}$ = peso de corpo vazio metabólico

1 INTRODUÇÃO

Devido às pressões dos mercados, tanto externo quanto interno, a pecuária de corte brasileira tem vivenciado transformações nos sistemas tradicionais de produção. Atualmente, os sistemas empresariais adotados na produção de bovinos de corte têm como objetivo o aumento da produtividade e a da rentabilidade econômica do setor.

O manejo alimentar é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência produtiva e qualitativa da pecuária brasileira, e é por isso que se tem buscado com tanto afinco soluções para melhorar a qualidade nutricional dos rebanhos.

A energia é considerada fator limitante à vida e às funções produtivas dos animais. A determinação das exigências energéticas, seja para mantença, crescimento ou produção, é tão importante quanto à determinação da proteína em dietas para ruminantes. O método mais utilizado na determinação das exigências nutricionais é o método fatorial, que divide a exigência dos animais em seus diversos componentes de produção: exigência de mantença, de ganho, de gestação e lactação.

Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia para mantença podem corresponder a 70% das exigências totais de energia (NRC, 1996), de modo que esta energia envolve os gastos com manutenção da homeotermia, da pressão sanguínea, do tônus muscular, da atividade cardíaca, da transmissão de impulsos nervosos, do transporte de íons através de membranas, da ingestão de alimentos, da locomoção, entre outros. O restante da energia líquida é utilizado para a síntese de tecidos, proteína e gordura, sendo denominada energia líquida de ganho.

A eficiência de utilização da energia para produção nos animais consiste em como a energia contida nos alimentos é retida na forma de produto animal (carne, gordura, leite etc). Essa eficiência pode variar conforme a composição da ração, a composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), o grupo genético, a taxa de ganho, o ambiente e o estádio de crescimento dos animais (RESENDE et al.,2006).

Diversas unidades de medida de energia são empregadas para estabelecer as exigências dos animais, sendo, a caloria (quilocaloria ou megacaloria) a unidade mais empregada.

No Brasil a utilização de sistemas de formulação de ração que utilizam unidades nutricionais, em termos líquidos e metabolizáveis, é limitada pela falta de informação tanto do alimento quanto das exigências nutricionais dos animais. Assim, os cálculos de rações são baseados em normas publicadas pelo “National Research Council” (NRC), Agriculture and Food Research Council (AFRC) entre outros, os quais apresentam exigências de grupos bovinos criados em regiões de clima temperado, animais de raças predominantemente taurinas.

Tendo em vista as considerações precedentes, objetivou-se com esta revisão definir os conceitos e exigências de energia na nutrição de bovinos de corte em condições brasileiras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Energia

A energia é definida como o potencial para realizar trabalho. Ela pode ser mensurada durante sua transformação de uma forma energia para outra e pode ser expressa em diversas unidades, sendo o Joule (adotado pelo Sistema Internacional), a unidade preferencial para quantificar a energia (NRC, 1996). Porém, o Joule tem sido substituído pela caloria por ser considerado uma medida métrica (RESENDE al et., 2006). A caloria e o Joule são medidas pequenas, e os nutricionistas trabalham com múltiplos dessas unidades, como pode ser visto no Quadro 1.

QUADRO 1- Conversão das principais unidades de energia

Unidade	Conversão
1 J	0,239 cal
1 cal	4,184 J
1 quilocaloria (Kcal)	1000 cal
1 Kcal	4,184 kJ
1 megacaloria (Mcal)	1000 Kcal
1 Mcal	4,184 MJ
1 g NDT	4,409 Kcal

FONTE: Adaptado de LAWRENCE & FOWLER (1997), LANA (2005)

A energia é essencial para sustentar todos os processos vitais do corpo, incluindo respiração, circulação, atividade dos músculos, manutenção de temperatura corporal, processos metabólicos, entre outras funções. Sua deficiência manifesta-se na falta de crescimento, falhas na reprodução e perdas de reservas corporais, reduzindo a produtividade animal (FREITAS et al., 2006). É o componente que mais limita a produtividade animal, de modo que sua utilização pelos seres vivos tem sido alvo de inúmeros estudos importantes na zootecnia. Segundo LIMA et al. (2011), em experimento realizado com 12 bovinos machos, submetidos em três dietas (rica, intermediária e pobre em energia), puderam observar que a deficiência de energia prolongada em bovinos de crescimento desencadeou acentuada diminuição do peso vivo e diminuição do consumo de alimentos.

2.2 Métodos de determinação de energia

Segundo FERRELL (1988), o estudo do metabolismo energético pode proporcionar melhor compreensão das origens e fontes de produção de calor ou energia no animal.

2.2.1 Métodos Calorimétricos

O método calorimétrico mede a ingestão de energia metabolizável e a produção de calor em uma câmara calorimétrica, obtido por diferença a energia retida. Este método possui algumas desvantagens devido à complexidade e ao alto custo das medições e um número reduzido de animais. Além disso, existe a dificuldade de adaptação desses dados, que são obtidos em ambientes controlados, para situações práticas de alimentação.

Na calorimetria direta, o calor liberado pelo animal é medido pelo aumento da temperatura da água circulante na câmara ou por meio de corrente elétrica gerada pelo calor que passa através de pares termoelétricos (RESENDE et al., 2006). Uma caloria é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água de 16,5°C para 17,5°C.

Já a calorimetria indireta é baseada no conhecimento da combustão do substrato energético ingerido e necessário pelo organismo. Usa-se o volume de ar expirado, a porcentagem de oxigênio consumido, a porcentagem de gás carbônico produzido e a quantidade de nitrogênio proteico eliminado na urina no mesmo período de tempo (FERRELL, 1988), o cálculo destes valores permite o conhecimento do fornecimento calórico dos nutrientes e a participação deles no processo.

2.2.2 Abate Comparativo

A energia retida (ER) pelo animal pode ser determinada diretamente pela técnica do abate comparativo, em que a determinação da ER em um período de tempo é feita pela diferença da composição corporal de animais abatidos no início e final de um período experimental pré-determinado. A produção de calor,

nesse caso, é calculada pela diferença da ingestão de energia metabolizável e a ER (RESENDE et al., 2006).

2.3 Partição da energia na nutrição animal

A energia utilizada pelos animais é obtida dos alimentos por processos digestivos e metabólicos, sendo os bovinos considerados energeticamente ineficientes, devido a perdas que ocorrem em cada um dos diversos estágios de assimilação de nutrientes (MARCONDES et al., 2010).

Segundo CABRAL et al. (2006), a energia nos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED) ou nutrientes digestíveis totais (NDT), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Embora esta última seja a forma mais correta para expressar a energia útil dos alimentos, a determinação da EL é laboriosa e de elevado custo.

2.3.1 Energia bruta (EB)

A energia bruta contida nos alimentos é mensurada pela completa combustão desses materiais até dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O) em uma câmara calorimétrica.

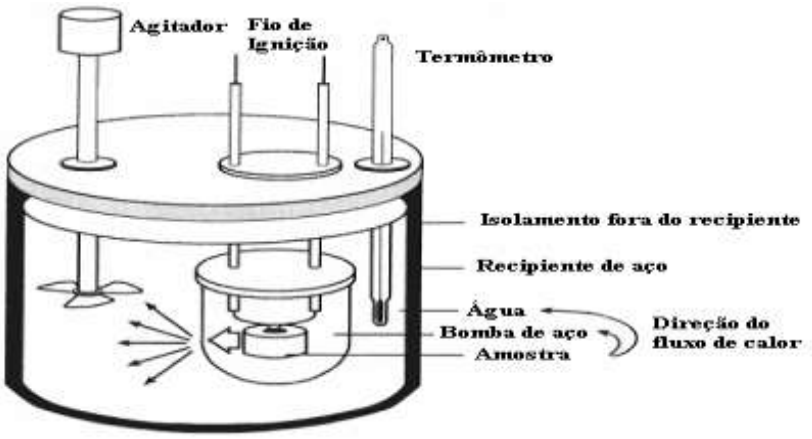

FIGURA 1. Câmara calorimétrica
FONTE: Adaptado de LAWRENCE & FOWLER (1997)

A utilização da EB na nutrição é limitada, pois esta não indica a disponibilidade da energia do alimento para o animal, devido às perdas variáveis

no processo de digestão e metabolização (WEISS, 1993). Na Tabela 1 estão apresentadas as principais fontes de energia bruta e seus respectivos valores energéticos resultantes da combustão completa.

TABELA 1- Rendimentos energéticos resultantes da combustão completa do material seco purificado e expressados em Mcal/kg^{-1}

Material	MJ kg-1
Glicose	3,73
Sacarose	3,94
Amido	4,20
Celulose	4,20
Oléo vegetal	9,30
Gordura animal	9,42
Proteína	5,64

FONTE: Adaptado de LAWRENCE & FOWLER (1997)

2.3.2. Energia digestível (ED)

A primeira perda de energia que ocorre equivale à fração não digerida que se perde nas fezes e que é subtraída da EB do alimento, resultando na energia aparentemente digestível (NRC, 2000). O termo “aparente” é devido às células de descamação das paredes do trato gastrintestinal e o resíduo de secreções que superestimam o valor da energia das fezes(RESENDE al et., 2006). A perda pelas fezes pode variar de acordo com a digestibilidade dos alimentos, 10% no caso de alguns grãos de cereais, até 70%, no caso de palhas, proporcionando digestibilidades de 90% e 30%, respectivamente LAWRENCE & FOWLER (1997).

Portanto:

Energia digestível = energia bruta ingerida – energia bruta perdida nas fezes.

A avaliação da ED reflete a digestibilidade da dieta e pode ser medida com relativa facilidade. Entretanto, a energia digestível mensurada é a ED aparente (EDa), pois considera a fração endógena, ou seja, as perdas por secreções e descamações do sistema digestivo. Como resultado, a EDa subestima o valor energético de alimentos com alta fibra como fenos ou palhadas (NRC, 2000). O NRC (2001) propôs o cálculo da energia digestível (ED), a partir

da multiplicação das concentrações de nutrientes digestíveis pelos respectivos calores de combustão, conforme a equação: sendo PBD: proteína bruta digestível, AGD: ácido graxo digestível, CNFD: carboidrato não fibroso digestível e FDND: fibra em detergente neutro digestível. Como a ED se baseia na digestibilidade aparente e as equações para estimativas das frações digestivas (PBD, CNFD e FDND) referem-se à digestibilidade verdadeira, foi sugerida a subtração do valor 0,3 como correção para energia fecal metabólica. Segundo RESENDE et al. (2006), a produção de AGCC e sua subsequente absorção representam pelo menos 50% da quantidade total de energia digestível para os ruminantes.

2.3.3 Nutrientes digestíveis totais (NDT)

O NDT (Nutrientes digestíveis totais) é um dos modos mais empregados de expressão de energia para avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. Muitos componentes químicos são relacionados à concentração de energia disponível, sendo que os constituintes comumente avaliados são: proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, fibra em detergente neutro digestível (corrigida para cinzas e proteína) e carboidratos não fibrosos digestíveis (ROCHA JUNIOR et al., 2003). Cálculo do NDT:

NDT= PBD + 2,25 EED + CNFD + FDND - 7

O NDT é semelhante à energia digestível, mas inclui uma correção para digestão de proteína devido à descamação do trato gastro intestinal (o valor "7" subtraído refere-se ao fator de ajuste para NDT fecal metabólico.). Segundo o NRC (1996), o NDT não tem vantagens particulares ou desvantagens sobre a ED, podendo ser utilizado para descrever valores de necessidades energéticas do animal. O NDT pode ser convertido para ED pela equação: 1 kg NDT = 4,4 Mcal ED.

Segundo VALADARES FILHO (2000), grande parte da avaliação energética dos alimentos se baseia no NDT e que os cálculos de energia líquida (EL) são estimados a partir do NDT ou energia metabolizável (EM), oriunda também do NDT, o que faz com que o NDT possa ser considerado, no momento, como unidade possível de ser utilizada para formulação de rações.

2.3.4 Energia metabolizável (EM)

A segunda perda de energia ocorre com metabolismo da energia digestível devido a perdas de energia através da urina e gases de fermentação. A perda dos gases (metano e CO_2) é em decorrência da fermentação ruminal dos alimentos pelos microrganismos (NRC, 1996). Segundo RESENDE et al. (2006), cerca de 8% da energia do alimento é perdida na forma de metano quando o animal está ingerindo a nível de mantença, e 6% com o aumento do nível de ingestão.

O processo de digestão e fermentação, realizados pela microbiota ruminal, é responsável pela produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), importante fonte de energia (PEREIRA et al., 2005). Dependendo das concentrações relativas dos AGCC (acético, propiônico e butírico) mais ou menos energia poderá ser fornecida aos animais, sendo que, a produção de metano durante o processo de fermentação ruminal também é dependente do tipo de AGCC produzido. Por exemplo, quanto maior a proporção de ácido propiônico menor será a produção de metano e mais eficiente será o animal na produção de energia (RESENDE et al., 2006).

A perda pela urina inclui a energia dos compostos absorvidos e não utilizados, os produtos finais dos processos metabólicos e os produtos finais de origem endógena.

Quando essas perdas de energia são subtraídas da energia digestível aparente, o saldo é chamado de energia metabolizável (EM) ou energia disponível às células dos tecidos corporais do animal, de modo que: EM = EDa – energia da urina – energia dos gases (metano e CO_2) (NRC, 1996).

Segundo MARCONDES et al. (2010), em média, cerca de 82% da energia digestível é metabolizável, sendo tradicionalmente considerado:

EM= 0,82 ED, isso para bovinos.

2.3.5 Energia líquida (EL)

O sistema de energia líquida para crescimento e engorda de gado de corte foi introduzido em 1963. Essas exigências são separadas em exigências de

energia para mantença e ganho de peso e a soma dessas representa, então, as exigências líquidas totais de energia dos animais (LOFGREEN & GARRET, 1968).

O sistema de energia líquida considera também a perda de energia na forma de calor durante os processos de digestão, absorção, metabolismo e fermentação do alimento consumido. A soma dessa perda energética com a energia gasta na atividade física relacionada ao consumo do alimento é chamada de incremento calórico (WARPECHOWSKI, 2005). A subtração do incremento calórico pela EM obtem-se a energia líquida, que é definida como a quantidade de energia disponível para os processos de mantença e de produção dos animais.

Parte da EL vai para o metabolismo basal do animal, que, basicamente, seria responsável pela manutenção da temperatura corporal e renovação de macromoléculas (WARPECHOWSKI, 2005), o que é conhecido como EL de mantença (EL_m) e a outra parte da energia é responsável pela produção animal, isto é, a EL de ganho (EL_g), é usada para crescimento ou produção (carne, leite, gestação) (RESENDE et al., 2006).

A vantagem do sistema de energia líquida é porque não depende do tipo de dieta e os valores de energia do alimento. É determinado separadamente para diferentes funções fisiológicas, isto é mantença, ganho, lactação e gestação (NRC, 1996).

2.3.5.1 Energia líquida de mantença (EL_m) e metabolismo basal

O metabolismo basal está relacionado à mínima produção de calor necessária para que ocorram os processos vitais de um animal saudável, em jejum e em repouso. Usada para manter a atividade celular vital, respiração e circulação sanguínea. Na Tabela 2 estão descritos os valores dos gastos energéticos de componentes do metabolismo basal segundo GIL & OLDHAM (1993).

FERREL (1988) afirma que a energia gasta pelos órgãos (citados na Tabela 2) correspondem a cerca de 50 a 65% do metabolismo basal. O autor ainda cita que esse gasto pode ser explicado pelo turnover protéico e as atividades de transporte de íons, podendo variar de acordo com o nível

nutricional, estado fisiológico e a raça.

O conceito nutricional de mantença não é o mesmo que metabolismo basal, pois na mantença o animal não está em jejum. A energia metabolizável para mantença (EM_m) é definida como a taxa de produção de calor de um animal mantido em um ambiente termoneutro quando a taxa de consumo de energia metabolizável é exatamente o saldo da taxa de perda de calor (LAWRENCE & FOWLER, 1997). Logo, a produção de calor (PC) correspondente a EM_m, engloba a produção de calor do animal alimentado, ou seja, considera o incremento calórico (IC). Já a EL_m é obtida do animal em jejum, ou seja, sem a produção de calor vinda do incremento calórico.

TABELA 2. Estimativas dos custos de energia de diversos processos não produtivos

Componentes do metabolismo basal	
Funções físicas	
Levantado (em pé)	13-25% gasto energetico basal
Exercício	6,69 Kcal/km (vertical) 0,62 Kcal/km (horizontal)
Ingestão	
Comendo	0,6 kcal/h
Ruminando	0,48 kcal/h
Função	
Circulação	9-11% gasto energético basal
Respiração	6-7% gasto energético basal
Rim	6-7**%** gasto energético basal
Fígado	5-10% gasto energético basal
Funções nervosas	10-15**%** gasto energético basal
Mantença celular	
Transporte de íons	18-23% produção total de calor
Síntese de proteína	15-25% gasto energético basal
Síntese de lipídios	2-3% gasto energético basal

Fonte: Adaptado de GIL & OLDHAM (1993)

A EM_m é sempre superior a EL_m, pois o processo de comer, digerir e metabolizar o alimento requer energia e este acaba sendo liberado do animal como calor. Os principais contribuintes para produção de calor em um animal recebendo EM_m podem estar relacionados ao processamento da dieta pelo animal

como o trabalho realizado para mastigação do alimento, movimento do aparelho digestivo, calor de fermentação e o incremento calórico associado a transformação dos nutrientes, contribuindo para manter a temperatura corporal, e outras atividades como o processo de circulação, respiração, locomoção e o custo energético para a renovação de tecidos (LAWRENCE & FOWLER, 1997).

A EL_m pode sofrer influência de vários fatores como: idade, peso, raça, espécie, sexo, estágio fisiológico, nutrição previamente recebida e condições ambientais. Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia para mantença podem corresponder a 70% das exigências totais de energia dos animais (NRC, 1996).

MARCONDES et al. (2010), utilizando o novo banco de dados do BR-CORTE, estimaram as exigências de EL_m para animais zebuínos, onde não observaram efeitos de classe sexual, grupo genético e sistema de alimentação. Segundo os autores, em função do número desigual de dados e das condições específicas de alimentação, os testes dos modelos para EL_m de animais em confinamento e pastejo foram feitos separadamente como pode ser visto abaixo:

Confinamento $PC= 0,0742 \times e^{3,703 \times CEM}$

Pastejo $PC= 0,0717 \times e^{4,439 \times CEM}$

onde: PC é a produção de calor ($Mcal/PCVZ^{0,75}$/dia) e CEM é o consumo de energia metabolizável ($Mcal/PCVZ^{0,75}$/dia). O PCVZ (peso de corpo vazio) é calculado como peso corporal menos o conteúdo gastrintestinal. Para converter o PCVZ em peso vivo em jejum (PVJ), o BR-corte adotou duas equações de acordo com o sistema de alimentação:

Confinamento $PCVZ= 0,895 \times PVJ$

Pastejo $PCVZ= 0,863 \times PVJ$

Portanto, a EL_m é equivalente ao calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, sem nenhum suporte alimentar para atendimento de qualquer outra necessidade energética.

Segundo MARCONDES et al. (2010), o maior valor de EL_m encontrado para animais em confinamento (74,2 $kcal/PCVZ^{0,75}$/dia) em relação a animais em pastejo (71,7 $kcal/PCVZ^{0,75}$/dia) é função das condições de criação. Os autores explicam o menor valor para animais em pastejo é devido às adaptações em seu metabolismo basal de forma a suportarem as condições do meio, reduzindo o

custo energético associado às funções vitais básicas. VALADARES FILHO et al. (2006) explicam que o CEM tem forte influência sobre a massa e a atividade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal que impactam diretamente no total de energia utilizada para manutenção. Assim, em períodos de restrição de CEM, como na estação seca do ano para animais a pasto, o organismo se adapta ao menor consumo de energia, diminuindo os órgãos de alta atividade metabólica, diminuindo assim a quantidade de energia necessária para sua manutenção.

Entretanto, HINTON (2007) considera que os animais em pastejo gastam mais energia com a ingestão de alimentos do que animais em confinamento. Cita ainda, que a energia gasta com a caminhada é de 0,62 kcal/km de deslocamento horizontal e de 6,69 kcal/km de deslocamento vertical. Com isso, as exigências de energia de mantença para bovinos em pastoreio é cerca de 10 a 20% maior do que para animais em confinamento, dependendo da topografia do terreno, qualidade e disponibilidade da forragem, topografia, distribuição de água ou interação entre esses fatores.

2.3.5.2 Energia líquida de ganho (EL_g): produção e crescimento

A deposição de EL_g ocorre quando a ingestão diária de alimento excede o que é requerido para mantença, e assim, a energia torna se disponível para produção. Segundo RESENDE et al. (2006), esse excedente pode ser retido como parte do corpo na forma de tecidos ou na forma de produto como o leite.

As exigências líquidas de energia para ganho de peso ou crescimento são estimadas pela quantidade de energia depositada como matéria orgânica (proteína e gordura) no corpo do animal (NRC, 1996).

Quando a energia é retida na forma de proteína, maior quantidade de calor é gerada do que na forma de gordura. Em animais jovens a retenção de gordura é de até 50% da energia retida, porém, quando o animal atinge a maturidade sexual, a composição do ganho varia pouco, porque os animais depositam gordura em uma taxa relativamente constante (RESENDE et al., 2006). Portanto, em animais adultos, a energia retida como forma de gordura pode variar de 85 a 95% do total de energia retida e a energia depositada como proteína no

crescimento do animal representa de 32 a 25% do total de energia retida (Figura 2).

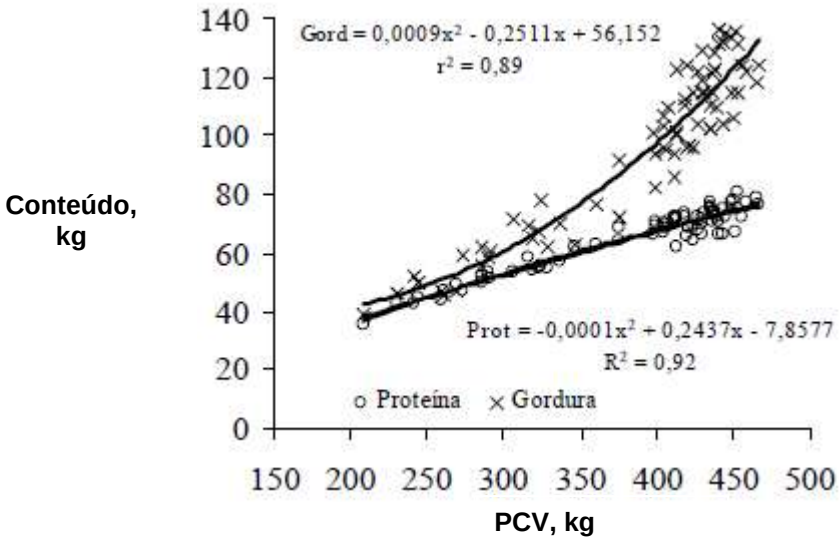

Figura 2 - Estimativa dos conteúdos corporais de gordura e proteína (kg), de acordo com o PCV, de bovinos Nelore não-castrados puros e mestiços
FONTE: Adaptado de FREITAS et al. (2006)

As principais diferenças em relação à condição sexual dos animais são observadas quanto ao tecido adiposo. Considerando-se animais pertencentes a mesma raça e com peso de corpo vazio (PCVZ) similar, fêmeas possuem maior quantidade corporal de gordura que machos castrados, e estes, mais que os inteiros. Este comportamento se reflete nas concentrações de energia corporal e nas respectivas exigências energéticas para ganho (VÉRAS ET AL., 2001).

Segundo (FERREIRA et al., 1998), a maturidade do animal é caracterizada pelo aumento na proporção de gordura. Animais mais jovens têm maior proporção de água e menor de gordura, de modo que as concentrações de proteína, cinzas e água decrescem com a idade e com a engorda (Tabela 3).

TABELA 3. Conteúdos de gordura (g), proteína (g) e energia (Mcal), por quilograma (kg) PCV de bovinos Nelore puros, mestiços, mestiços leiteiros e zebu.

Parâmetros	Nelore puro e mestiço		Mestiço leiteiro		Zebu	
PCV kg	250	550	250	500	250	500
Proteína g/kg	180	160	237	265	237	263
Gordura g/kg	170	290	276	307	276	299
Energia Mcal	2,7	3,54	2,60	2,93	2,64	2,88

FONTE: Adaptado de FREITAS et al. (2006); BACKES et al. (2005)

O NRC (1996) relata que os teores de gordura e proteína corporal apresentam comportamento quadrático em relação ao peso corporal vazio, com relações inversas: quanto maior o peso corporal, maior o teor de gordura e menor o de proteína.

Conforme BACKES et al. (2005), com o incremento do peso vivo do animal, geralmente acima de um ano de idade, ocorrem decréscimo na proporção de proteína e aumento na proporção de gordura no peso de corpo vazio, em razão da redução do crescimento muscular e do aumento do desenvolvimento do tecido adiposo. Como conseqüência, a exigência de energia aumenta e a exigência de proteína decresce, concomitantemente.

2.4 Eficiência de utilização da energia metabolizável

De acordo com RESENDE et al. (2006), a eficiência da utilização da energia é usualmente expressa como a razão da energia bruta de entrada e a energia bruta de saída. Para se conhecer a proporção da energia fornecida no alimento que foi retida no corpo animal pode- se usar a seguinte relação:

$$\frac{\text{Total de energia retida no ganho x 100}}{\text{Total de energia no alimento}}$$

A eficiência de utilização da energia metabolizável para mantença pode ser expressa como $K_m = El_m/EM_m$, enquanto que a eficiência de utilização da energia no tecido pode ser expressa como $K_g = El_g/EM - EM_m$. A eficiência das funções combinadas para mantença e crescimento pode ser expressa pela seguinte forma:

$$K_{m+p} = \frac{El_m + El_p}{EM_{m+p}}$$

Elm = Energia líquida para mantença;

Elp = Energia líquida para produção;

EM m+p = Energia metabolizável requerida para mantença mais produção.

A K_{m+p} pode variar pela concentração de energia metabolizável da dieta, com o nível de produção animal, bem como para que propósito será

utilizada (crescimento, gestação, lactação, etc.). A K_g é relacionada com um conjunto de funções metabólicas do animal e da habilidade em absorver nutrientes para atender suas demandas metabólicas. É possível estimar a eficiência maxima teórica em que um animal pode desempenhar suas funções produtivas, se forem conhecidas às rotas metabólicas envolvidas. Baseando- se nesse conhecimento, a eficiência teórica de um ruminante em crescimento deveria ser de 70 a 80%, entretanto o que tem sido observado é que a eficiência desses animais varia de 30 a 60%, o que demonstra que os animais dificilmente atingem sua máxima eficiência (RESENDE et al., 2006).

Segundo FOX et al. (2003), a eficiência de EM para mantença (Elm) varia de 57,6% para EM de 2,0 Mcal/kg (típica para gramíneas temperadas no estádio de final de florescimento), a 65,1% para EM de 2,6 Mcal/kg (típica para silagem de milho) até 68,6% para EM de 3,2 Mcal/kg (grãos de milho) (Tabela 4).

TABELA 4 – Eficiência de uso da EM para mantença e ganho.

EM, Mcal/kg	F:C	ELm/EMm x 100 (km)	ELg/EMm x 100 (kg)	ELg/ELm
2,0	100:0	57,6	29,6	0,513
2,2	83:17	60,8	34,6	0,569
2,4	67:33	63,3	38,5	0,608
2,6	50:50	65,1	41,5	0,637
2,8	33:67	66,6	43,9	0,659
3,0	17:83	67,7	45,8	0,677
3,2	0:100	68,6	47,3	0,690

FONTE: Adaptado de FOX et al. (2003)

2.5 Exigências de energia para bovinos de corte em confinamento e pastejo

As exigências de energia para bovinos de corte no Brasil tiveram aumentos expressivos ao decorrer dos anos, que foram observados em diversos trabalhos realizados. Esses efeitos podem ser devidos á vários fatores como, diferenças regionais, tipos de alimentação, melhoramento genético, diferentes métodos de pesquisa, entre outros. Na Tabela 5 pode-se observar esse efeito para exigência de EL_m expressas em $Kcal/PCVZ^{0,75}$ para diferentes grupos genéticos.

TABELA 5 - Valores individuais e médios das exigências líquidas para mantença (kcal/PCVZ^{0,75}) para os diferentes grupos genéticos

Autor	Número de animais	ELm Kcal/PCVZ^{0,75}
		Zebuínos
Salvador, 1980	40	56
Boin, 1995	-	73,62
Paulino, 1996	63	60,38
Véras, 2000	35	82,79
Silva, 2001	40	83,70
		F1 (E x Z)
Pires, 1991	22	67,92
Pires, 1991	22	68,03
Veloso, 2001	50	76,36
		Holandeses
Teixeira, 1984	10	88,00
Rocha, 1997	16	68,44
Signoretti, 1998	52	110,46
		Fêmea zebu
Borges, 2000	16	61,02
Grupo genético		**Valores médios**
1. Zebu	> 178	71,30 ± 12,69
2. F1 (E x Z)	94	70,77 ± 4,84
3. Mestiço leiteiro	46	79,65 ± 2,33
4. Holandês	78	88,97 ± 21,03

F1 (E x Z)= europeu x zebu
FONTE: Adaptado de SILVA et al. (2002)

Segundo o NRC (1996), animais não castrados têm requisitos de EL_m 15% maiores que machos castrados e novilhas e, de acordo com LOFGREEN & GARRETT (1968), zebuínos são 10% menos exigentes que taurinos. Assim, a exigência de EL_m de animais zebuínos não-castrados, segundo proposição do NRC (1996), seria de 79,70 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Segundo SILVA et al. (2002), a média do valor de EL_m de animais zebuínos (71,3 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) obtida foi 11,8% inferior ao recomendado pelo NRC (1996). A EL_m dos animais F1 foi bem próxima à dos animais zebuínos 70,77 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. A média da EL_m dos mestiços leiteiros (79,65 kcal/PCVZ^{0,75}/dia) apresentou valor bem próximo ao recomendado pelo NRC (1996) e a dos animais Holandeses, um valor 11,6% superior ao referido conselho.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados as exigências de EM expresso em Mcal/kg de ganho de peso corporal e de NDT em kg/kg de ganho de peso de corpo vazio encontrados por ARAÚJO et al. (1998). O trabalho foi realizado com animais mestiços holandês/zebu, confinados, com peso inicial de 150 kg e peso

final de 300 kg, submetidos á diferentes níveis de volumoso na dieta, fazendo com que os níveis de EM e NDT fossem alterados pela inclusão do volumoso.

TABELA 6 - Exigências de energia metabolizável por kg de ganho de peso corporal vazio (GPCVZ), obtidas para diferentes níveis de volumoso nas dietas para animais holandês/zebu confinados

		Nível de volumoso (%)				
PV (kg)	PCVZ(kg)	10	25	40	55	90
		EM (Mcal/kg de ganho de PCV)				
150	115,24	6,37	6,11	7,48	8,40	22,91
200	161,20	7,40	6,43	8,10	10,73	29,27
250	213,40	8,40	6,70	8,61	13,17	35,91
300	275,41	9,40	6,97	9,16	15,87	42,45

FONTE: Adaptado de ARAÚJO et al. (1998)

TABELA 7 - Exigências de NDT em kg/kg de ganho de peso corporal vazio (GPCVZ), obtidas para diferentes níveis de volumoso nas dietas para animais holandês/zebu confinados

		Nível de volumoso (%)				
PV (kg)	PCVZ(kg)	10	25	40	55	90
		NDT (kg/kg de ganho PCV)				
150	115,24	1,76	1,69	2,07	2,32	6,34
200	161,20	2,05	1,78	2,24	2,97	8,09
250	213,40	2,32	1,85	2,38	3,64	9,93
300	275,41	2,60	1,93	2,53	4,39	11,74

FONTE: Adaptado de ARAÚJO et al. (1998)

As exigências de energia metabolizável (em Mcal/kg de ganho de PCVZ) e nutrientes digestíveis totais (em kg/kg de ganho de PCVZ), por unidade de peso ganho, aumentaram à medida que se elevou o peso vivo do animal, e também, quando houve aumento na inclusão de volumoso na dieta.

Nas Tabelas 8, 9 e 10, estão descritas as exigências nutricionais expressas em EM e NDT para mantença e ganho de animais puros e cruzados da 2ª edição do BR-CORTE (2010), segundo (MARCONDES et al., 2010). Os dados foram extraídos de 25 estudos realizados em condições brasileiras. Dentre os dados apresentados, 626 animais foram estudados em confinamento e outros 127 em pastejo.

TABELA 8. Exigências totais (mantença + ganho de peso) de energia metabolizável, expressas em Mcal/dia, e de NDT (kg/dia), de machos Nelore inteiros castrados, de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de pastejo

Ganho de peso (kg/dia)	Peso Corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
	Energia Metabolizável (Mcal/dia)						
0,50	8,03	9,49	10,86	12,16	13,41	14,61	15,78
1,00	10,82	12,56	14,20	15,76	17,26	18,72	20,13
1,50	13,72	15,76	17,68	19,53	21,31	23,03	24,71
	NDT (kg/dia)						
0,50	2,22	2,62	3,00	3,36	3,71	4,04	4,36
1,00	2,99	3,47	3,93	4,36	4,78	5,18	5,57
1,50	3,79	4,36	4,89	5,40	5,89	6,37	6,83

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

TABELA 9. Exigências totais (mantença + ganho de peso) de energia metabolizável (EM), expressas em Mcal/dia de bovinos zebuínos cruzados de diferentes classes sociais, pesos e taxas de ganho de peso, em confinamento

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
	Machos Inteiros						
0,50	7,95	9,3	10,68	11,91	13,12	14,42	15,62
1,00	10,9	12,64	14,18	15,82	17,19	18,79	20,27
1,50	13,93	15,9	18,13	20,01	21,76	23,36	25,02
	Machos Castrados						
0,50	8,16	9,68	11	12,39	13,76	14,86	16,09
1,00	11,55	13,32	15,09	16,73	18,52	20,02	21,6
1,50	14,85	17	19,44	21,57	23,4	25,49	27,44
	Fêmeas						
0,50	8,37	9,82	11,38	12,82	14	15,35	16,65
1,00	11,93	13,86	15,81	17,63	19,29	21,09	22,63
1,50	15,55	18,16	20,41	22,56	24,96	26,79	28,86

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

TABELA 10. Exigências totais (mantença + ganho de peso) de nutrientes digestíveis totais (NDT), expressas em kg/dia, de bovinos zebuínos cruzados de diferentes classes sexuais, pesos e taxas de ganho de peso, em confinamento

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)						
	150	200	250	300	350	400	450
			Machos Inteiros				
0,50	2,20	2,57	2,95	3,29	3,63	3,99	4,32
1,00	3,01	3,50	3,92	4,38	4,75	5,20	5,61
1,50	3,85	4,40	5,01	5,53	6,02	6,46	6,92
			Machos Castrados				
0,50	2,26	3,61	3,04	3,43	3,81	4,11	4,45
1,00	3,19	3,68	4,17	4,63	5,12	5,54	5,97
1,50	4,11	4,70	5,38	5,97	6,47	7,05	7,59
			Fêmeas				
0,50	2,32	2,72	3,15	3,55	3,87	4,25	4,61
1,00	3,30	3,83	4,37	4,88	5,34	5,83	6,26
1,50	4,30	5,02	5,65	6,24	6,90	7,41	7,98

FONTE: Adaptado de MARCONDES et al. (2010)

Como pôde ser observado nas três tabelas acima, as exigências energéticas para bovinos em pastejo não foram muito diferentes em relação às exigências de bovinos em confinamento.

Por outro lado, a exigência de EM para fêmeas é maior do que para machos castrados, que por sua vez maior do que para machos não castrados. Segundo PINHEIRO (2007), a menor exigência de EM para machos não castrados é devido á produção do hormônio testosterona, que proporciona melhor anabolismo do nitrogênio endógeno, diminuindo a quantidade da ureia eliminada do organismo e aumentando o nível de aminoácidos circulantes, determinando maior eficiência no ganho de peso.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados para exigências energéticas de bovinos de corte no Brasil ainda são poucos. As exigências de energia de mantença aumentaram no decorrer dos anos segundo os trabalhos pesquisados, variando de 56 a 83 Kcal/PCVZ^{0,75} para animais zebuínos e de 67,92 a 76,36 Kcal/PCVZ^{0,75} para animais mestiços europeu/zebu.

As avaliações energéticas dos alimentos ainda se baseiam no NDT, o que faz com que o mesmo possa ser considerado, no momento, como unidade possível de ser utilizada para formulação de rações devido às dificuldades de determinação da EL dos alimentos utilizados na nutrição animal.

REFERÊNCIAS

1.ARAÚJO, G.G.L.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CAMPOS, O.F.; SIGNORETTI, R.D.; TURCO, S.H.N. Eficiência de utilização da energia metabolizável para mantença e ganho de peso, e exigências de energia metabolizável e Nutrientes Digestíveis Totais de Bezerros Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.5, p.1031-1036, 1998.

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

3. CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P. A. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; VELOSO, R. G.; NUNES, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa,v.35, n.6, p.2406-2412, 2006.

4. FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.;PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; MUNIZ, E. B. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Proteína e Energia para Ganho de Peso de Bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.2, p.352-360, 1998.

5. FERREL, C. L. Energy Metabolism. In: CHURCH, D. C. ed. **The ruminant animal**. Digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Waveland Press Inc., 1988, p. 283-303.

6. FOX, D.G; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O. **Sistema de carboidratos e proteínas líquidos para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS Versão 5.0).** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 202p (documentação do Modelo CNCPS).

7. FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R.; DUTRA, A. R.; VIEIRA, R. A. M.; LANA, R. P.; LEONEL, F. P.; HENRIQUE, D. S.; LIMA, A. V.; SOUZA, J. C.. Composição do ganho e exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços, em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.35, n.3, p.886-893, 2006.

8. GILL, M.; OLDHAM, J.D. Growth. In: **Quantitative aspects of ruminat digestion and metabolism**. ed. CAB INTERNACIONAL: FORBES, F.M.; FRANCE, F., 1993, cap. 17, p. 383-404, 1993.

9. HINTON, D.G. **Supplementary Feeding of Sheep and Beef Cattle**. Melbourne: CSIRO Publishing, 102 p, 2007.

10. LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. In: Viçosa, ed. UFV, 2005. 344 p.

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

12. LIMA, A.S.; SUCUPIRA, M.C.A.; ORTOLANI, E.L. Bovinos submetidos a dietas deficientes em energia por longo período: desempenho animal e sua relação com os teores de T3 e IGF-1. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. Sao Paulo, v. 48, n. 1, p. 19-26, 2011.

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

14. MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P.V.R.; PAULINO, M.F. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte**. In: Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE. 2 ed. Viçosa: Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. 2010. p. 85-1. 2010.

15. NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7.rev. ed. National Academy Press, D.C.: 2000. 42p.

16. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

17. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

18- PINHEIRO, R.M.K. **Influência do grupo genético, condição sexual e uso de bioterápico, nas características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte.** 2007, 116 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Medicina Veterinária, Niterói.

19. PEREIRA, E. S.; ARRUDA, A. M. V.; MIRANDA, L. F.; MIZUBUTI, I. Y.; MUNIZ, E. B.; PINTO, A. P. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 1, p. 125-134, 2005.

20. RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de Ruminantes**, 1, ed, Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandere Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 2006, cap 11, p. 311- 332, 2006.

21. ROCHA JUNIOR, V.R.; VALARARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; CECON, P. R. Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das

equações propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.2, p.480-490, 2003.

22. SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V.; VELOSO, C. M.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; PAULINO, P. V. R.; MORAES, E. B. K. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.503-513, 2002.

23. VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.267-337.

24. VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. Viçosa:UFV, DZO, 1ªed., 2006, 142p.

25. VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; FERREIRA, M. A.; LEÃO, M. I.; VALADARES, R. F. D.; MORAES, E. H. B. K. Predição da composição corporal e dos requisitos de energia e proteína para ganho de peso de bovinos, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.3, n. 3, p.1127-1134, 2001.

26. WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

27. WEISS, W.P. Predicting energy values of feed. In. Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1802-1811, 1993.