



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA
E PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI**

GABRIELA BRITO CAMBUÍ

AREIA – PB
OUTUBRO-2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA
E PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI**

GABRIELA BRITO CAMBUÍ
Zootecnista

AREIA – PB
OUTUBRO-2015

GABRIELA BRITO CAMBUÍ

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA
E PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto – Orientador Principal

Prof. Dr. Roberto Germano Costa

Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza

Prof. Dr. Sebastião de Campos Valadares Filho

AREIA-PARAÍBA

OUTUBRO-2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC – UFRPE**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “Exigências nutricionais de proteína e energia para novilhos da raça Sindi”

AUTORA: Gabriela Brito Cambuí

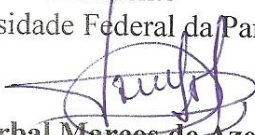
ORIENTADOR: Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto

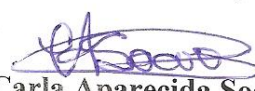
J U L G A M E N T O

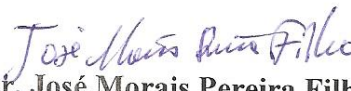
CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Aderbal Marcos de Azevedo Silvas
Examinadora
Universidade Federal de Campina Grande


Profa. Dra. Carla Aparecida Soares Saraiva
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. José Moraes Pereira Filho
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande


Profa. Dra. Safira Valença Bispo
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 20 de agosto de 2015

BIOGRAFIA DA AUTORA

GABRIELA BRITO CAMBUÍ, filha de Valter Ney Soares Cambuí e Maria de Lourdes Brito Cambuí, nasceu em 7 de janeiro de 1986, na cidade de Irecê- BA e residente na mesma, onde estudou na Escola Dinâmica de Irecê durante o ensino fundamental concluído no ano de 2000. Em 2001, ingressou na Escola Cooperativista de Irecê – Cooperil, onde cursou o ensino médio, concluindo em 2003. Em março de 2004, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal da Paraíba – UFPB pertencente ao Centro de Ciências Agrárias na cidade de Areia - PB. Durante a graduação, esteve envolvida no Centro Acadêmico de Zootecnia (CAZ) colaborando na realização de alguns eventos como cursos e palestras trabalhando com temas relacionados à produção animal favorecendo dessa forma, os alunos do campus, assim como, sua participação no Grupo de Estudos em Produção Animal (GEPA). Também se envolveu com trabalhos voluntários sendo professora do cursinho pré-vestibular Conexões dos Saberes com funcionamento no campus da universidade. Graduiu-se em março de 2009 e ainda nessa data, ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/UFPB na mesma instituição em que foi formada, sob orientação do Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto, onde foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, desenvolvendo sua pesquisa na área de Desempenho e Produção Animal. Em 2011 concluiu o mestrado e no mesmo ano ingressou no doutorado em Zootecnia do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia/UFPB, na área de nutrição de ruminantes. Submetendo-se à defesa no dia 20 de agosto de 2015.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

A Deus pelo dom da vida e por ser minha fortaleza.

Aos meus Pais Maria de Lourdes Brito Cambuí e Valter Ney Soares Cambuí (in memoriam), meus sinceros agradecimentos por serem meu porto seguro, exemplo de vida aos quais devo tudo o que sou, pelo apoio e incentivo para continuar sempre seguindo em frente, pela vida que me dedicaram e as virtudes que me ensinaram.

Ao meu irmão Rafael Brito Cambuí pelo carinho e apoio.

Ao meu companheiro Igor de Sousa Anjos, pelo amor, força, dedicação, atenção, compreensão e companheirismo.

A toda a minha família pelo incentivo, amor e carinho.

E em especial a minha filha Alicia Cambuí Anjos, meu amor maior, razão da minha vida, por me proporcionar uma felicidade imensurável e incondicional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba/CCA.

Ao meu orientador professor Dr. Severino Gonzaga Neto, pela orientação, ensinamentos, confiança e amizade.

Aos professores Dr. Sebastião de Campos Valadares Filho e Pedro Veiga Rodrigues Paulino por todo apoio concedido à realização do experimento na Universidade Federal de Viçosa.

Ao professor Dr. Evariso Jorge pelas valiosas contribuições à este trabalho.

À amiga Daniele Farias dos Santos pelo companheirismo e ajuda nos diversos momentos.

Aos amigos Elton Pereira e Rogério Aleson que foram meus fiéis ajudantes durante a realização desse trabalho.

Aos funcionários do setor de Bovinocultura do CCA, Leandro José, Cristiano (Piu), Evaldo e Carlos Augusto (Guga).

Aos pós-graduandos e estagiários do setor de Bovinocultura do CCA.

Aos amigos de turma e demais colegas do PPGZ e PDIZ.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos no transcorrer do curso.

Aos funcionários do PPGZ/CCA, Maria das Graças S. C. Medeiros, Carmem e Damião, e do Laboratório de Nutrição Animal, José Alves, Charlys, Duelo, Antônio Costa, Roberto e José Sales, pela atenção e dedicação que me foram prestadas.

A todos que, por um lapso de memória neste momento, não foram citados e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Figuras.....	xiv
Resumo Geral.....	xvi
Abstract.....	xviii
Considerações Iniciais.....	1
Capítulo I – Composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para novilhos da raça sindi.....	3
Referencial Teórico.....	4
Referências Bibliográficas	13
Capítulo II - Composição corporal e exigências nutricionais de energia para novilhos da raça sindi	20
Resumo.....	21
Abstract	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão	35
Conclusões	53
Referências Bibliográficas	54
Capítulo III - Exigências nutricionais de proteína para novilhos da raça sindi.	61
Resumo.....	62
Abstract	63
Introdução	64
Material e Métodos.....	66
Resultados e Discussão.....	76
Conclusões.....	88
Referências Bibliográficas.....	89

LISTA DE TABELAS

Capítulo II - Composição corporal e exigências nutricionais de energia para novilhos da raça sindi.....	20
Tabela 1. Participação dos ingredientes na dieta experimental com base na matéria seca	27
Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados na dieta experimental, expressos com base na matéria seca	27
Tabela 3. Consumo de matéria seca e nutrientes de novilhos da raça Sindi, submetidos à níveis de restrição alimentar	35
Tabela 4. Composição física e química da ½ carcaça de novilhos da raça Sindi, submetidos à níveis de restrição alimentar	37
Tabela 5. Desempenho de novilhos da raça Sindi submetidos a níveis de restrição alimentar	38
Tabela 6. Exigências de energia líquida para ganho (ELg), expressas em Mcal/dia de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto	42
Tabela 7. Exigência de energia líquida (ELm), energia metabolizável (EMm) e nutrientes digestíveis totais (NDT) para manutenção de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto	49
Tabela 8. Exigências totais (manutenção + ganho) de energia líquida, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método direto	50
Tabela 9. Exigências totais (manutenção + ganho) de energia líquida, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método indireto	51
Tabela 10. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método direto.....	52

Tabela 11. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método indireto.....	52
---	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo III - Exigências nutricionais de proteína para novilhos da raça sindi.....	61
Tabela 1. Participação dos ingredientes na dieta experimental com base na matéria seca.....	68
Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados na dieta experimental, expressos com base na matéria seca.....	68
Tabela 3. Exigência de proteína para ganho (g/kgGPVZ/dia) de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método direto	78
Tabela 4. Exigência de proteína líquida, metabolizável para ganho (g/kgGPVZ/dia) e metabolizável total (manutenção + ganho) para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método indireto.....	79
Tabela 5. Exigência total (manutenção + ganho) de proteína degradável no rúmen, de proteína não degradável no rúmen e proteína bruta para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto.....	81
Tabela 6. Exigências de proteína líquida e proteína metabolizável para manutenção de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto avaliados	86
Tabela 7. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de proteína para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método direto.....	87
Tabela 8. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de proteína para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método indireto.....	87

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II - Composição corporal e exigências nutricionais de energia para novilhos da raça sindi	20
Figura 1. Vista de seção da 9 ^a -10 ^a -11 ^a costelas (método de corte da seção HH) através de um corte perpendicular à coluna dorsal na altura da 12 ^a costela (Hankins & Howe, 1946).....	31
Figura 2. Conteúdo de energia no corpo vazio em função de diferentes pesos de corpo vazio (PCVZ) para novilhos Sindi utilizando os métodos direto e indireto avaliados	41
Figura 3. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método direto (LOG)	43
Figura 4. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método indireto (LOG)	46
Figura 5. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método direto	43
Figura 6. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método direto	43
Figura 7. Relação entre energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método direto	47
Figura 8. Relação entre energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM) pelo método indireto	47

LISTA DE FIGURAS

Capítulo III - Exigências nutricionais de proteína para novilhos da raça sindi..... 61

- Figura 1. Vista de seção da 9^a-10^a-11^a costelas (método de corte da seção HH) através de um corte perpendicular à coluna dorsal na altura da 12^a costela (Hankins & Howe, 1946)..... 72
- Figura 2. Conteúdo de proteína no corpo vazio em função de diferentes pesos de corpo vazio (PCVZ) para novilhos Sindi utilizando os métodos direto e indireto avaliados 77
- Figura 3. Relação entre proteína retida (PR) e o consumo de proteína metabolizável (CP_{met}), pelo método direto (LOG)..... 82
- Figura 4. Relação entre proteína retida (PR) e o consumo de proteína metabolizável (CP_{met}), pelo método indireto (LOG)..... 84
- Figura 5. Relação entre consumo de proteína metabolizável (CP_{met}) e o ganho médio diário (GMD), pelo método direto.....84
- Figura 6. Relação entre consumo de proteína metabolizável (CP_{met}) e o ganho médio diário (GMD), pelo método indireto.....85

COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI

RESUMO GERAL

Objetivou-se determinar a composição corporal e as exigências nutricionais de energia e proteína em novilhos da raça Sindi. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi empregada a técnica de abate comparativo, utilizando-se 40 machos não-castrados com idade média de $21 \pm 1,5$ meses e peso corporal médio de $296,65 \pm 21,33$ kg distribuídos em quatro níveis de restrição alimentar (0, 15, 30 e 45%), num delineamento inteiramente casualizado. Dos 40 animais, 8 foram abatidos no início do experimento, constituindo o grupo referência. Os 32 animais remanescentes foram confinados por 74 dias, e logo após, todos foram abatidos sendo 8 animais de cada vez para determinação da composição corporal mediante análise química dos tecidos. Foram avaliados dois métodos (Direto e Indireto) para determinação das exigências líquidas e metabolizáveis, de energia para manutenção (Elm, EMm), proteína para manutenção (PLm, PMm); e também para ganho de energia (ER) e proteína (PR). As exigências de Elm e EMm foram, respectivamente, 41,38 e 52,46 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, e os modelos obtidos para ER e PR foram $ER = 0,0490 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,3730}$ e $PR = 183,172 + 112,668 \times GPCVZ - 26,818 \times ER$. As exigências de PLm e PMm obtidas para novilhos Sindi foram de 1,23 e 3,24 g/PC^{0,75}/dia, respectivamente. As eficiências de uso da energia metabolizável para manutenção e ganho foram de 78,88 e 45,37% respectivamente e da proteína metabolizável para ganho foi de 45,96%.

Palavras-chave: conteúdo corporal, eficiência, requerimentos nutricionais, zebuínos

BODY COMPOSITION AND NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF PROTEIN AND ENERGY OF RACE SINDI STEERS

GENERAL ABSTRACT

The objective was to determine body composition and nutritional requirements of energy and protein in steers of Sindi. The experiment was conducted at the Federal University of Viçosa (UFV), we used the comparative slaughter technique using 40 non-castrated animals with a mean age of 21 ± 1.5 months and average body weight of 296.65 ± 21.33 kg and four food restriction levels (0, 15, 30 and 45%) in a completely randomized design. Of the 40 animals, 8 were slaughtered at the beginning of the experiment, constituted the reference group. The 32 remaining animals were confined for 74 days, soon after all animals 8 were slaughtered of each time to determine the body composition by chemical analysis of tissues. We evaluated two methods (Direct and Indirect) for the determination of net and metabolizable requirements of energy for maintenance (NEm, MEm), protein for maintenance (NPm MPm); and to also energy gain (RE) and protein (RP). The requirements of NEm and MEm were respectively 42,38 and 52,46 kcal/EBW^{0,75}/day, and the models obtained for RE and RP were $RE = 0.0490 * EBW^{0,75} * EBG^{0,3730}$ and $RP = 183,172 + 112,668 ADG - 26,818 RE$. The requirements of NPm and MPm obtained for Sindi steers were 1.23 and 3.24 g/EBW^{0,75}/day, respectively. The use efficiency of metabolizable energy for maintenance and gain were 78,88 and 45,37% respectively and metabolizable protein for gain was 45,96%.

Keywords: body content, efficiency, nutritional requirements, zebu

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, o Brasil é responsável pelo maior rebanho bovino comercial do mundo, ocupando posição de destaque na produção de carne, com um rebanho de mais de 203 milhões de cabeças, de forma que aproximadamente 41 milhões vem sendo abatidos anualmente com destaque para o centro-oeste que ocupa 30%, o equivalente a 56 milhões de cabeças deste rebanho. A taxa de abate brasileira é 22% sendo o maior exportador de carne mundial com 1.465.000 toneladas equivalente-carcaça (Anualpec, 2012). De 2011 para 2012 houve um aumento de 5 milhões de cabeças. Tal conquista é consequência, principalmente do avanço dos conhecimentos em zootecnia capacitando os técnicos de forma a aumentarem a eficiência de exploração em diferentes sistemas de produção de bovino de corte.

As qualificações da carcaça vêm sendo estudadas nos programas de cruzamento, fazendo com que o produtor direcione o seu programa, utilizando raças que se enquadrem em parâmetros de qualidade e quantidade de carne ou carcaça. Imposições dos consumidores, que a cada dia estão mais exigentes e influentes quanto ao mercado da carne bovina. Entretanto, a expressão máxima das características de desempenho só existirá se a nutrição abastecer totalmente as exigências nutricionais (Ítavo et al., 2014).

O crescimento de bovinos e a mudança correspondente na forma e na composição corporal são de grande significado econômico principalmente para animais destinados ao abate. Segundo McDonald et al. (1995), o peso é o principal determinante da composição corporal e das exigências nutricionais para crescimento. Pois, à medida que o peso do corpo vazio (PCVZ) aumenta, os pesos de todos os constituintes químicos também se elevam, porém a taxas diferentes. A gordura é depositada a uma taxa crescente e os componentes do corpo magro (representado pela proteína), a taxas decrescentes. O conteúdo energético do corpo segue uma curva semelhante àquela do conteúdo de gordura, porque, conforme o animal cresce, a composição de seu ganho de PCVZ (GPCVZ) se modifica.

A nutrição envolve as várias reações químicas e fisiológicas que transformam os nutrientes dos alimentos em elementos corporais. Portanto, apesar do crescimento e do desenvolvimento poderem ser medidos em termos das partes do corpo, órgãos e tecidos, o principal interesse do nutricionista animal é no crescimento dos constituintes do

corpo, já que ele determina as quantidades de nutrientes diários para o desenvolvimento do animal (MCDonald et al., 1995).

A composição química corporal é constituída por quatro componentes: água, lipídeos, proteína e cinzas, que se modificam de acordo com o crescimento do animal. Com a idade, a maturidade e a engorda, o percentual de água, proteína e cinzas diminui à medida que o de gordura aumenta.

O principal desafio para a cadeia de carne bovina é atender as demandas do mercado com um produto de qualidade, que ofereça um alimento seguro para a população e que os sistemas de produção sejam ecologicamente corretos, não degradando os recursos naturais e economicamente viáveis. A partir daí é que se pode observar a importância e a necessidade de se conhecer melhor as exigências nutricionais dos animais levando-se em consideração que os mesmos só receberão o que for estritamente necessário para atender as suas exigências.

Apesar da sua importância na nutrição de bovinos de corte, o Brasil só possui o sistema de alimentação BR-CORTE (2006 e 2010) para determinar as exigências nutricionais de bovinos da raça Nelore e seus cruzamentos, o que já foi estabelecido há vários anos em países mais economicamente desenvolvidos. Porém, não há estudos com exigências nutricionais de animais da raça Sindi. Segundo Paulino et al. (2004), o estudo de gado de corte no Brasil tem envolvido, principalmente, a determinação das exigências de energia, proteína, macro minerais e, em menor intensidade, a eficiência de utilização da energia para manutenção e ganho de peso.

A determinação das exigências nutricionais possibilita desenvolver modelos matemáticos que simulem o crescimento de diferentes grupos genéticos, auxiliando desta forma, no desenvolvimento de estratégias nutricionais para produção de bovinos de corte no Brasil (Souza, 2010).

Diante do exposto, é necessário, conhecer as exigências nutricionais dos animais para que seja fornecido aos mesmos a quantidade de nutrientes ideal, nem aquém, nem além do que eles necessitam, evitando dessa forma a deficiência de algum nutriente requerido pelo animal, e o grande desperdício oriundo do consumo excessivo. Contudo, objetivou-se com a realização dessa pesquisa determinar a composição corporal e as exigências nutricionais de energia e proteína para novilhos da raça Sindi.

CAPÍTULO I
REFERENCIAL TEÓRICO

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA
E PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI**

INTRODUÇÃO

Segundo Franco et al. (2014), a entrada dos primeiros bovinos no território nacional ocorreu no ano de 1532 trazidos por Martim Afonso de Souza e demais colonizadores portugueses. Foram bovinos taurinos, oriundos da Península Ibérica e que posteriormente viriam a dar origem às raças autóctones : Caracu, Pé-Duro, Curraleiro, Pantaneiro, Mocho Nacional, etc. Naquela época, a introdução dos bovinos teve o objetivo de possuir animais para tração, couro, carne (charque) e leite. A partir da década de 1960, aconteceram algumas mudanças na pecuária de corte do país, uma delas foi a última e mais importante, importação do gado zebu.

Hoje, a cadeia produtiva da carne bovina brasileira representa um dos grandes segmentos da economia nacional, com importante participação na balança comercial e na geração de renda para a população envolvida. O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo (Franco et al., 2014).

Bovinos de corte são produzidos, em maior ou menor escala, em todas as regiões do Brasil. Porém, em um país de dimensões continentais como o Brasil, diferenças edafoclimáticas podem ser muito expressivas, o que amplia o leque de opções para escolha de raças. Na região Sul do Brasil é possível encontrar, com maior frequência que outras regiões do país, as raças que foram selecionadas na Europa para se especializarem em produção de carne. Nas demais regiões do Brasil há um predomínio evidente de raças de origem indiana. Essa divisão é fácil de compreender, pois a região Sul do Brasil apresenta características climáticas mais próximas de um ambiente de clima temperado, como o europeu. Já as demais regiões do Brasil são tipicamente tropicais, que é mais similar ao encontrado nas províncias indianas de onde partiram os primeiros zebras em direção ao Brasil, no século XIX (Pinto, 2014).

A raça Sindi, segundo Faria et al., (2004), é originária do Estado de Sind no Paquistão. Na região predominam áreas de clima semiárido com temperaturas médias de 17 a 20°C e precipitações anuais de 250 a 300 mm³ (Leite et al., 2001), próximo às condições de clima e precipitações brasileira. Oficialmente a raça foi introduzida em 1952, pela importação de Felisberto Camargo, através do Instituto agrônomo, sendo submetida à severas e intensas provas de adaptação, em plena selva amazônica. Esse rebanho primordial e seus descendentes foram encaminhados para praticamente todas

as regiões do país, mas hoje, observa-se uma maior concentração desse genótipo bovino na região Nordeste, principalmente por sua adaptação as características edafoclimáticas locais (Mariz, 2010).

Devido à sua reputação em rusticidade e tolerância ao calor, a raça Sindi se espalhou pela Ásia, Oceania, África e Américas. Seu bom potencial de produção (carne e leite) é, em parte, consequência da capacidade de se adaptarem às condições ambientais predominantes em regiões de clima quente (Baccari Júnior, 1986; Titto et al., 1998). O rebanho Sindi encontra-se atualmente em expansão na região nordeste do Brasil, onde provou seu desempenho sob condições de baixa qualidade de alimentos, altas temperaturas e difícil acesso às aguadas, respondendo com bom número de crias, boa cobertura muscular, grande aptidão maternal, bom rendimento de carcaça, precocidade e boa produção leiteira (Leite et al. 2001). A busca por animais de maior eficiência de conversão alimentar (transformando o alimento consumido em ganho de peso), é interessante visando às exigências do mercado consumidor referente à qualidade da carcaça e da carne.

Segundo Faria et al. (2001), devido ao reduzido tamanho efetivo do rebanho Sindi registrado, a adoção de medidas que visem a aumentá-lo, tais como pesquisas com a raça, promoção e divulgação, bem como importações de animais ou materiais genéticos, torna-se necessário. Partindo desse pressuposto, é interessante explorar mais a raça Sindi para conhecer melhor esses animais e colher os benefícios que essa raça tem para oferecer tendo em vista a sua rusticidade e o seu potencial produtivo.

Nesse contexto, o sucesso de um sistema de produção depende do conhecimento do potencial dos genótipos a serem utilizados, bem como os fatores extrínsecos que podem influenciar a escolha do genótipo.

É mais comum no Brasil a criação de bovinos a pasto. Porém, em regiões de clima tropical os índices zootécnicos são inferiores quando comparados a animais confinados. Esses índices inferiores podem ser atribuídos à relação entre demanda e oferta de energia, pois animais criados extensivamente demandam mais energia de manutenção para o exercício em busca de alimento e água (Pinto, 2014).

O confinamento assume uma posição estratégica nos sistemas de produção, permitindo a manutenção de elevadas taxas de lotação anual e, consequentemente o aumento da produtividade (Ítavo et al., 2014). Diferenças expressivas são notadas em zebuínos criados a pasto e em confinamento, principalmente o ganho de peso em um

curto espaço de tempo que é resultante do sistema de confinamento tendo em vista que o consumo pode ser controlado de forma quantitativa e qualitativa e o gasto de energia é menor.

O crescimento animal é comumente definido como aumento de massa corporal com a produção de novas células (tecido ósseo, tecido muscular, tecido adiposo e órgãos internos). Assim, como o crescimento normalmente é medido em função do aumento de massa, ele inclui não somente a multiplicação de células (hiperplasia), mas também aumento no tamanho da célula (hipertrofia). Por definição, crescimento inclui deposição de gordura, mesmo embora, seja a massa muscular de interesse primário na produção de carne (Ítavo et al., 2014).

A determinação da composição corporal dos animais é fundamental para a avaliação do valor nutricional dos alimentos e em estudos do crescimento animal. O crescimento normal de um animal deve ser entendido como um conjunto de modificações físicas, químicas e funcionais de seu organismo (Boin et al., 1994).

Os principais componentes químicos do corpo de um bovino são água, gordura, proteína e minerais. A composição dos diversos tecidos do animal não é constante, pois com avanço da idade surgem maiores quantidades de tecido adiposo e menores de água e aumento da proteína e das cinzas na massa livre de gordura (Berg & Butterfield, 1976). Os animais mais jovens têm maior proporção de água e menor de gordura, sendo que as concentrações de proteína, cinzas e água diminuem com a idade e engorda (Ferreira et al., 1998). Outro ponto importante refere-se ao fato de que o corpo não se desenvolve de forma homogênea, uma vez que o crescimento dos ossos é completamente diferente, quando comparado com os tecidos moles, os quais, por sua vez, também diferem entre si (Marple, 1983).

Quanto aos tecidos, a carcaça dos animais domésticos é composta principalmente pelos tecidos ósseo, muscular e adiposo, sendo o desenvolvimento de cada um deles não sincronizado e isométrico, variam de acordo com as fases de crescimento do animal. Segundo Lawrence & Fowler (1997), à medida que o peso do animal aumenta a proporção de ossos na carcaça diminui lentamente apresentando menor variação percentual. Os músculos representam alta porcentagem do peso total ao nascimento, aumentando ligeiramente, e diminuindo à medida que se inicia a fase de deposição de gordura.

Dos três tecidos, o de maior custo para deposição é o tecido adiposo, pois sua deposição ocorre à medida que o peso corporal aumenta, quando há o aumento do valor energético do ganho e conseqüentemente a elevação das exigências energéticas (Moraes et al., 2009).

O primeiro passo para a determinação das exigências nutricionais de bovinos consiste em mensurar a composição corporal dos animais. Os métodos utilizados para predição da composição corporal e/ou da carcaça são classificados em diretos ou indiretos (Marcondes et al., 2012).

De acordo com Hankins e Howe (1946), o método mais acurado para determinação da composição corporal de bovinos é a análise química do corpo inteiro após a eliminação do conteúdo do trato digestivo e bexiga (método direto).

Uma das técnicas de determinação direta da composição corporal consiste na moagem total dos tecidos do animal, seguida de retirada de amostras para análise (Leme et al., 1994; Lanna et al., 1995; Alleoni et al., 1997). Outra possibilidade é a amostragem proporcional dos tecidos antes da moagem (Estrada et al., 1997; Paulino et al., 1999; Jorge et al., 2000; Ferreira et al., 2001), mas este procedimento parece estar mais sujeito a variações.

Em ambos os casos, os tecidos são separados em seis partes: carcaça, cabeça, patas, couro, sangue e vísceras (Henrique et al., 2003). Segundo os autores citados acima, para as frações carcaça, cabeça, patas e couro, geralmente uma das metades é moída, esquerda ou direita, e a cabeça é serrada ao meio. As partes são pesadas separadamente, calculada a composição proporcional e, com a análise química de cada uma, determinada a composição química do animal.

A análise do corpo como um todo oferece vantagem porque é possível determinar mais precisamente todos os seus elementos nutritivos (Berg & Butterfield, 1978). A maioria dos autores são unânimes em afirmar que a determinação da composição corporal deve ser entendida como a análise química direta de todos os tecidos do animal. Garret e Hinmann (1969) e Reid et al. (1968), afirmam ser esta a forma confiável e precisa de se medir a composição corporal. Entretanto, segundo Jorge et al. (2000), as informações disponíveis no Brasil sobre a composição química corporal de bovinos, de diferentes raças e maturidades fisiológicas, são ainda limitadas, em virtude da complexidade da metodologia, resultando em uma determinação trabalhosa e de alto custo.

Segundo Ribeiro (2009), pode-se constatar que o método direto é extremamente trabalhoso e caro, uma vez que pelo menos metade da carcaça não pode ser comercializada e, nesse sentido, vários pesquisadores realizaram pesquisas objetivando facilitar as avaliações, determinando métodos indiretos para a estimativa da composição corporal.

A determinação da composição corporal é muito importante em se tratando de pesquisas nutricionais bem como nos estudos que avaliam a regulação do crescimento (Lanna et al., 1995). No entanto, em animais de grande porte, a determinação direta da composição corporal por trituração e análise de todos os tecidos do corpo é impossível de ser realizado repetidas vezes. Dessa forma, vários métodos têm sido descritos para a estimativa de maneira rápida, simples, econômica e confiável da composição corporal em bovinos (Silva, 2001).

Os métodos indiretos são divididos naqueles que permitem estimar a composição do corpo ou da carcaça nos animais vivos (*in vivo*) e a estimativa a partir da carcaça, ou de partes da carcaça (*post-mortem*) (Véras et al., 2001). Os métodos indiretos (*in vivo*), que são realizados no animal vivo para estimar a composição corporal de bovinos, apresentam a vantagem de permitir uma estimativa da composição do mesmo animal repetidas vezes, além de evitar o trabalho que envolve a determinação direta (Leme et al., 1994). Já os métodos indiretos (*post-mortem*), que são realizados no animal após o abate, não apresentam essa vantagem, pois faz-se necessário o abate do animal para posteriores análises. Os métodos indiretos envolvem a predição da composição, tanto do corpo, quanto da carcaça dos animais, a partir de parâmetros menos trabalhosos.

Numerosos métodos têm sido desenvolvidos para a estimativa da massa ou da composição da carcaça de bovinos ou outras espécies. Os métodos incluem a estimativa da composição corporal ou de peso da carcaça (Reid et al, 1968), componentes (Hankins & Howe, 1946; Alhassan et al, 1975; Ferrell et al, 1976), densidade de carcaça ou Gravidade Específica (GE) (Garrett e Hinman, 1969; Preston, 1974), essa ferramenta teve certa repercussão no Brasil (Alleoni et al., 1997; Lanna et al., 1995; Peron et al., 1993; Gonçalves et al., 1991), porém de forma geral não produziu bons resultados para os animais aqui criados (Lanna et al., 1995; Alleonni et al. 1997). Outros métodos como 40K (Martin et al, 1963), mensuração da diluição de corante (Panaretto e Till, 1963; Gil et al, 1970), diluição de uréia (Preston e Kock,

1973) e diluição isotópica (antipirina, água tritiada, N-acetil-amino-antipirina) (Panaretto e Till, 1963; Crabtree et al, 1974; Byers, 1979b), tiveram pouca difusão no Brasil, havendo a necessidade de ajustes nas equações para validar as mesmas.

Dentre todos os métodos indiretos mencionados acima, os mais utilizados são a GE e a seção entre a 9ª e a 11ª costelas (seção HH) da carcaça (Véras et al., 2001). O método mais empregado no Brasil é o proposto por Hankins & Howe (1946), que desenvolveram equações para estimar a composição corporal de bovinos com base nos cortes das 9-10-11ª costelas (seção HH). Essa técnica teve grande difusão por ser fácil, rápida e de baixo custo, além de ter produzido bons resultados em alguns estudos (Paulino et al., 2005a; Henrique et al., 2003; Silva, 2001), inclusive, foi um dos métodos utilizado nesta pesquisa.

Segundo Fox et al. (1984), a predição da composição corporal de bovinos é necessária para estimar os requerimentos líquidos de nutrientes. Dentre os principais fatores que influenciam a composição corporal, destacam-se o peso, a taxa de ganho, a forma e o tamanho, o tipo racial, o sexo, o uso de estimulantes de crescimento, o sistema de manejo nutricional e os efeitos dietéticos especiais.

Os grupos genéticos apresentam diferentes taxas e eficiências de deposição dos constituintes químicos corporais (NRC, 1996), quando comparados à mesma idade, ao mesmo peso ou ao mesmo grau de acabamento. Também há interação entre estas variáveis e o tipo de manejo e o sistema alimentar. Dessa forma, uma boa estimativa da composição corporal torna-se imprescindível (Ferrell & Jenkins, 1984).

É necessário e de extrema importância para quem vai trabalhar com exigências nutricionais, conhecer os diversos métodos de estimativas da composição corporal de bovinos de corte podendo dessa forma, compreender as falhas e os sucessos dos mesmos assim como, o método mais recomendável, tendo em vista que a composição corporal é o ponto de partida das exigências.

As duas principais exigências a serem determinadas são energia e proteína, e, de acordo com alguns autores (Lofgreen & Garret, 1968; AFRC, 1993 e NRC, 1996), a exigência de energia divide-se em energia líquida de manutenção (ELm) e energia líquida para ganho (ELg).

Segundo o NRC (1996), a energia de manutenção consiste na energia necessária para os processos ou funções ligados à regulação da temperatura corporal, aos processos metabólicos essenciais e à atividade física, também definida como a

quantidade de energia dos alimentos consumidos, que não resultaria em ganhos ou perdas de peso corporal.

Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia para manutenção 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.

Lofgreen & Garret (1968), definiram a exigência líquida de ganho (ELg) como sendo a energia depositada no ganho, que segundo NRC (1996), consiste na quantidade de energia depositada na forma de proteína e gordura.

De acordo com o NRC (1996), as exigências de energia variam segundo o peso do animal, raça, sexo, estado fisiológico e nutrição prévia.

Fontes et al. (2005b), citaram que parte das diferenças nas exigências de manutenção entre raças deve-se a variações nos tamanhos relativos dos tecidos ou órgãos do corpo e a fatores como reciclagem da proteína corporal (*turnover* proteico), que é maior em animais de raças com maior massa muscular e em animais não castrados, em relação a machos castrados e a fêmeas. A atividade metabólica da proteína corporal é muito mais intensa que a do tecido adiposo, o que tende a elevar as exigências de energia de manutenção, por unidade de tamanho metabólico, em animais com maiores proporções de músculos ou de menor maturidade fisiológica (Garret, 1980).

A determinação das exigências de proteína, para manutenção ou crescimento, é imprescindível, tanto quanto as de energia (Paulino et al., 2004). Segundo o NRC (1996), a relação entre energia e proteína pode ser expressa pela proporção entre energia da dieta e produção de proteína bruta microbiana, sendo a eficiência de síntese de proteína bruta microbiana estimada em 13% dos nutrientes digestíveis totais (NDT) presentes na dieta. Desta forma, a necessidade de proteína é estabelecida em função da taxa de ingestão de energia e do consequente ganho de peso.

A demanda de proteína para manutenção de um bovino é igual às perdas metabólicas fecais e urinárias, além das perdas por descamação. A quantificação dessas perdas consiste num processo relativamente difícil, principalmente em relação

às perdas metabólicas fecais, uma vez que é necessário separar as perdas microbianas nas fezes das verdadeiras perdas metabólicas fecais (Paulino et al., 2004).

As exigências de proteína dos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, oriundos, principalmente, da proteína microbiana e da proteína dietética não degradada no rúmen (Paulino et al., 1999). Segundo esses autores, as exigências líquidas de proteína para bovinos nas fases de crescimento e engorda são função do conteúdo de matéria seca desengordurada do peso ganho, do peso vivo, do nível de ganho de peso, do grupo genético e do sexo, sendo menores para novilhos que para machos não castrados e para animais de raça de maturidade precoce que de raças de maturidade tardia. Ao analisarem a concentração de proteína corporal, Backes et al. (2002), observaram que, com o aumento do peso vivo, a concentração de proteína no corpo vazio diminui e, conseqüentemente, as exigências de proteína para ganho de peso reduzem com o aumento do peso vivo e da taxa de ganho de peso, concordando com os diferentes sistemas de alimentação (NRC, 1984; AFRC, 1993; NRC, 1996).

Os sistemas de formulação de ração evoluíram nos últimos anos, passando do conceito de exigência em proteína bruta para proteína metabolizável, permitindo assim, adequar as exigências da população microbiana ruminal em compostos nitrogenados bem como a exigência dos animais em proteína não degradável no rúmen (NRC, 1996).

A proporção e o perfil ideal de proteína metabolizável permitem ganhos satisfatórios de produtividade e também reduz as perdas de compostos nitrogenados e sua liberação no meio ambiente. Para formular uma dieta que atenda as necessidades de manutenção e de ganho dos ruminantes é preciso conhecer a sua exigência em proteína metabolizável (Santos, 2006).

Oliveira Júnior et al. (2004), citaram que o modelo de proteína metabolizável proposto pelo NRC (1996), divide as estimativas das exigências proteicas em proteína degradável no rúmen (PDR), que deve suprir as exigências dos microrganismos ruminais e proteína não degradável no rúmen (PNDR), que deve complementar a proteína microbiana que chega ao abomaso. Isso foi um avanço, pois é de fundamental importância a síntese de proteína microbiana e, para que esta ocorra, é necessário que se tenha PDR, em quantidade e qualidade a fim de se atingir a máxima eficiência. Para dietas com alto teor de concentrado, Shain et al. (1998), observaram que pode haver

deficiência na PDR, se não houver inclusão de uma fonte de proteína prontamente disponível. Isso pode reduzir o crescimento bacteriano e piorar a digestão ruminal com subsequente diminuição no ganho animal e na eficiência alimentar.

Segundo Marcondes et al. (2011), o suprimento de proteína bruta nas dietas além da energia, é um dos fatores que mais oneram a criação de bovinos no Brasil. Apesar da grande quantidade, muitas fontes disponíveis têm seu uso reduzido devido à sazonalidade e ao alto custo. Por isso, a determinação correta das exigências diárias de proteína dos animais é de extrema importância para evitar o fornecimento excessivo ou inferior ao exigido pelos animais. Atualmente, o sistema mais utilizado para estimar as exigências de proteína para animais de corte no Brasil é o NRC (1996), sistema americano que tem como base a utilização de animais de raças taurinas.

Os sistemas comumente utilizados para determinar as exigências nutricionais de bovinos de corte são National Research Council (NRC), Institut National de La Recherche Agronomique (INRA), Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Agricultural and Food Research Council (AFRC) e Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS).

É importante destacar que apesar desses modelos matemáticos se apresentarem como um recurso de grande valia aos nutricionistas, os mesmos apresentam pontos falhos. Um desses pontos é a capacidade de determinar um apropriado nível de agregação das diferentes equações, para diferentes parâmetros, ou seja, conseguir fazer com que as equações representem de forma mais concreta a realidade de cada situação (Tedeshi et al., 2005).

Contudo, a melhoria no desempenho produtivo do rebanho nacional exige o aprofundamento de estudos que possibilitem determinar exigências nutricionais em condições brasileiras, considerando-se as peculiaridades dos animais criados e o tipo de alimentação, tendo em vista que, a maioria das formulações para ruminantes utilizam tabelas elaboradas em países com ambiente, alimentos e animais diferentes dos encontrados nas condições brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.
- ALHASSAN, W.S.; BUCHANAN-SMITH, J.G.; USBORNE, W.R. et al. Predicting empty body composition of cattle from carcass weight and rib cut composition. *Can. J. Anim. Sci.*, v.55, n.3, p.369-376, 1975.
- ALLEONI, G.F.; BOIN, C.; LEME, P.R. et al. Avaliação da gravidade específica e de outras medidas corporais e da carcaça para estimar a composição corporal de novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.375-381, 1997.
- ANUALPEC – ANUÁRIO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. São Paulo: Argos Comunicação FNP, 2012. 379 p.
- BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais nos trópicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11, 1986, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. P. 53-64.
- BACKES, A.A. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhos Santa Gertrudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.2307-2313, 2002.
- BERG, P.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. New York: Sydney University, 240p. 1976.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. New York: John Wiley and Sons, 1978.
- BOIN, C.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. et al. Tourinhos Nelore em crescimento e acabamento. 2. Exigências de energia líquida de manutenção e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.473.

- BYERS, E.M. Measurement of protein and fat accretion in growing beef cattle through isotope dilution procedures. **Ohio Agr. Res. Dcv. Center Beef Res. Rep. A. S. Ser**, v.79, p.1-36, 1979.
- CRABTREE, R.M.; HOUSEMAN, R.A.; KAY, M. The estimation of body composition in beef cattle by deuterium oxide dilution. **Proc. Nutr. Soc.**, p.33-74A (Abstr.). 1974.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M., et al. Exigências nutricionais de bovinos não-castrados em confinamento. 1 – Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.575-583, 1997.
- FARIA, F. J. C. et al. Estrutura Genética da Raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia [online]**, v. 33, n. 4, p. 852-857, 2004.
- FARIA, F. J. C. et al. Parâmetros Populacionais do Rebanho Sindi Registrado no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6S, p.1989-1994, 2001.
- FERREIRA, M. de A.; FILHO, S. de C.V.; SILVA, J.F.C. et al. Eficiência de Utilização da Energia Metabolizável para Ganho de Peso e Exigências de Energia Metabolizável e Nutrientes Digestíveis Totais de Bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.368-373, 1998.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VERAS, A.S.C. et al. Predição da composição corporal por intermédio de método indireto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.242-246, 2001.
- FERREL, C.L.; GARRET, W.N.; HINMAN, N. Estimation of body composition in pregnant and non pregnant heifers. **J. Anim. Sci.**, v.42, n.5, p.1158-1166, 1976.
- FERRELL, C.P.; JENKINS T.G. Relationships among body components of mature cows. **J. Anim. Sci.**, v.58, p.222, 1984.
- FONTES, C.A.A. et al. Uso do Abate Comparativo na Determinação da Exigência de Energia de Manutenção de Gado de Corte Pastejando Capim-Elefante: Descrição da Metodologia e dos Resultados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1721-1729, 2005b.

- FOX, D.G., BLACK, J.R., 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. **J. Anim. Sci.**, v.58, n.3, p.725-739.
- FRANCO, G. L.; NETO, I. M. C.; BRUMATTI, R. C. Desafios e Tecnologias na Alimentação de Gado de Corte. In: OLIVEIRA, R. L. & BARBOSA, M. A. A. F. In: **Cadeia Produtiva da Carne**. 2ª edição. Salvador: EDUFBA, 2014. Cap. 1, p. 13-23
- GARRET, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.
- GARRETT, W.N.; HINNAM, N. Re-evaluation of the relationships between carcass density and body composition of beef steers. **J. Anim. Sci.**, v.28, n.1, p.1-5, 1969.
- GIL, E.; JOHNSON, R.R.; CAHILL, V.R. et al. An evaluation of carcass specific volume, dye dilution and empty body parameters as predictors of beef carcass fatness over a wide range of fatness. **J. Anim. Sci.**, v.31, n.3, p.459-469, 1970.
- GONÇALVES, L.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; GOMES, A.L.; CASTRO, A.C.G. Métodos para determinação da composição corporal e estudo da área corporal de novilhos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.20, n.4, p.1991.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcass and cuts. Washington, D.C. (**Technical Bulletin** - USDA, 926). 1946.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R., et al. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudis a partir da composição química e física das 9-10-11a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.709-718, 2003.
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R., et al. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudis a partir da composição química e física das 9-10-11a costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.709-718, 2003.
- ÍTAVO, L. C. V. et al. Desafios e Tecnologias na Alimentação de Gado de Corte. In: OLIVEIRA, R. L. & BARBOSA In: **Produção de Carne Bovina em Confinamento**. 2ª edição. Salvador: EDUFBA, 2014. Cap. 11, p. 289-321.

- JORGE, A.M.; FONTES, C.A.A.; PAULINO, M.F., et al. Utilização de método indireto para predição da composição química corporal de zebuínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1862-1867, 2000.
- LANNA, D.P.D.; BOIN, C.; ALLEONI, G.F., et al. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Nelore através da gravidade específica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.3, p.351-362, 1995.
- LAWRENCE, T.L.J. & FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. CAB International 1997, 321p.
- LEITE, P. R. M.; SANTIAGO, A. A.; NAVARRO FILHO, H. et al. **Sindi: Gado vermelho para o semiárido**. João Pessoa: EMEPA – PB / Banco do Nordeste, 2001. 147p.
- LEME, P.R.; BOIN, C.; ALLEONI, G.F. et al. Estimativa da composição química corporal de novilhos Nelore através do espaço de deutério. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.441-452, 1994.
- LOFGREEN, G.P.; GARRET, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- LOHMAN, T.G.; NORTON, H.W. Distribution of potassium in steers by 40K measurement. **J. Anim. Sci.**, v.27, p.1266, 1968.
- MARCONDES, M.I.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C., et al. Prediction of physical and chemical body composition of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. **Journal of Animal Science**, v.90, n.4, p.1280-1290, 2012.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. et al. Consumo, desempenho e eficiência alimentar de bovinos puros e cruzados recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011.
- MARIZ, T. M. A. **Caracterização zoométrica, estrutura populacional e índices reprodutivos da raça Sindi no Brasil**. Areia: Universidade Federal da Paraíba,

2010, 102p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2010.

MARPLE, D.N. Principles of growth and development. In: GROWTH MANAGEMENT CONFERENCE, 1983, Indiana. **Proccedings...** Indiana: IMC, 1983. p.1-6.

MARTIN, T.G.; KESSLER W.V.; STANT, E.G.Jr.; CHRISTIAN, J.E.; ANDREWS, F. N. Body composition of calves and pigs measured by large volume liquid scintillation counting and conventional chemical analyses. Body composition, Part I. **Ann. N.Y. Acad. Sci.**, v.110, p.213, 1963.

MCDONALD, P. et al. **Animal nutrition**. 5 ed. Singapore: Longman, 1995. 607 p.

MORAES, E.H.B.K. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.5, p.933-940, 2009.

MOURÃO, R. DE C. **Estimativa da composição química do corpo vazio de bovinos e bubalinos por meio da gravidade específica**. Botucatu – SP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2007, 78f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Universidade Estadual Paulista, 2007.

NATIONAL ACADEMY OF SCINCES – NAS. **Nutrient Requirements of beef cattle**. 6 ed. Washington, D.C.: 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C., 1996. 242p.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. et al. Substituição total do farelo de soja por ureia ou amiréia, em dietas com alto teor de concentrado, sobre a amônia ruminal, os parâmetros sanguíneos e o metabolismo do nitrogênio em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.738-748, 2004.

PANARETTO, B.A.; TILL, A.R. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antiprine, tritiated water, and N-acety-4-aminoantipyrine spaces. **Australian Journal of Agricultural Reseach**.v.14. p.926-943, 1963.

- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A. de A.; JORGE, A.M.; PEREIRA, J.C.; GOMES JÚNIOR, P. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.621-626, 1999.
- PAULINO, P.V.R. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.759-769, 2004.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Validação das equações desenvolvidas por Hankins e Howe para predição da composição da carcaça de Zebuínos e desenvolvimento de equações para estimativa da composição corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.327-339, 2005^a
- PERON, A.J.; FONTES, C.A.A.; LANA, R.P. et al. Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.22, n.2, p.227-237, 1993.
- PINTO, L. F. B. Desafios e Tecnologias na Alimentação de Gado de Corte. In: OLIVEIRA, R. L. & BARBOSA, M. A. A. F. In: **Produção de Carne Bovina em Confinamento**. 2^a edição. Salvador: EDUFBA, 2014. Cap. 2, p. 27-40.
- PRESTON, R.L. & KOCK, S.W. In vivo prediction of body composition in cattle from urea space measurements. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** v.143, p.1057, 1973.
- PRESTON, R.L.; VANCE, R.D.; CAHILL, V.R. et al. Carcass specific gravity and carcass composition in cattle and the effect of bone proportionality on this relationship. **J. Anim. Sci.**, v.38, n.1, p.47-51, 1974.
- REID, J.T.; BENSADOUN, A. BULL, L.S.; J.H. et al. Some peculiarities in the bodycomposition of animals. Body composition in animals and man. National Academy of Sciences, p.19, 1968.
- RIBEIRO, G.M. **Composição e exigências nutricionais de energia e proteína de tourinhos santa gertrudes confinados, recebendo alto concentrado e subproduto da produção de lisina**. Jaboticabal, SP: Unesp, 2009. 57f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2009.

- SANTOS, F.A.P. **Metabolismo de proteínas**. In: Nutrição de Ruminantes, 1, ed, Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandere Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 2006, cap 10, p. 255-284, 2006.
- SHAIN, D.H. et al. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.242-248, 1998.
- SILVA, F. F. et al. Desempenho produtivo de novilhos nelore, na recia e na engorda, recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, supl., p. 492-502, 2002.
- SILVA, S. L.; LEME, P.R.; FIGUEIREDO, L.G.G.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M. Correlações entre características de carcaça obtidas “in vivo” por ultrasonografia e na carcaça “post mortem” em novilhos nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v.38. 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.1206-1208.
- SOUZA, E.J.O. **Exigências nutricionais e desempenho de fêmeas nelore, F1 Nelore x Angus e F1 Nelore x Simental**. Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1010. 109f. Tese (doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- TEDECHI, L. O.; FOX, D. G.; SAINZ, R. D. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agrícola**, v. 62, n.1, p.76-91, 2005.
- TITTO, E. A. L. Clima: influência da produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1. **Anais...** Piracicaba: NUPEA, ESALQ, USP, 1998. p. 10-23.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S. de C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Predição da Composição Química Corporal de Bovinos Nelore e F1 Simental x Nelore a partir da Composição Química da Seção Hankins e Howe (Seção HH). **Rev. Bras. Zootec.**, v.30 n.3, p.1112-1119, 2001 (Suplemento 1).

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI

COMPOSIÇÃO CORPORAL E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI

RESUMO

Objetivou-se determinar a composição corporal, as exigências energéticas bem como avaliar a eficiência de deposição de energia e da utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso de novilhos da raça Sindi. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi empregada a técnica de abate comparativo, utilizando-se 40 machos não-castrados com idade média de $21 \pm 1,5$ meses e peso corporal médio inicial de $296,65 \pm 21,33$ kg distribuídos em quatro níveis de restrição alimentar (0, 15, 30 e 45%), num delineamento inteiramente casualizado. Dos 40 animais, 8 foram abatidos no início do experimento, constituindo o grupo referência. Os 32 animais remanescentes foram confinados por 74 dias, e logo após, todos foram abatidos sendo 8 animais de cada vez para determinação da composição corporal mediante análise química dos tecidos. Foram avaliados dois métodos (Direto e Indireto) para determinação das exigências líquida e metabolizável, de energia para manutenção (Elm, EMm), assim como, para ganho de energia (ER). As exigências líquidas de energia foram estimadas pela equação da energia retida em função do $PCVZ^{0,75}$ e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Foram estimadas as exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção pela equação da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável. Recomenda-se o uso da equação conjunta $ER = 0,0490 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,3730}$ para predizer as exigências líquidas de energia para ganho de peso de novilhos Sindi. As exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção de novilhos Sindi é de 41,38 e 52,46 kcal/ $PCVZ^{0,75}$ /dia respectivamente. As eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção de novilhos da raça Sindi são de 45,37 e 78,88% respectivamente.

Palavras-chave: conteúdo corporal, eficiência, energia metabolizável, manutenção, zebuínos

BODY COMPOSITION AND NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF ENERGY OF RACE SINDI STEERS

ABSTRACT

The objective was to determine body composition, energy requirements and evaluate the energy deposition efficiency and utilization of metabolizable energy for maintenance and weight gain Sindi steers. The experiment was conducted at the Federal University of Viçosa (UFV), we used the comparative slaughter technique using 40 non-castrated males with a mean age of 21 ± 1.5 months and average body weight of 296.65 ± 21.33 kg in four food restriction levels (0, 15, 30 and 45%) was performed in a completely randomized design. Of the 40 animals, 8 were slaughtered at the beginning of the experiment, constituted the reference group. The 32 remaining animals were confined for 74 days, soon after animals 8 were slaughtered of each time to determine the body composition by chemical analysis of tissues. We evaluated two methods (Direct and Indirect) for the determination of net and metabolizable requirements of energy for maintenance (NEm, MEm) and to also energy gain (RE). The net requirements of energy were estimated by the energy equation retained due to the $EBW^{0.75}$ and gain empty body weight (EBG). Liquid and metabolizable energy requirements for maintenance by the heat production of the equation as a function of metabolizable energy intake were estimated. We evaluated methods for the determination of net and metabolizable requirements of energy for maintenance (NEm, MEm), were estimated by the heat production as a function of metabolizable energy intake. It is recommended the use of joint equation $RE = 0.0490 * EBW^{0.75} * EBG^{0.3730}$ to predict the net energy requirements for weight gain of Sindi steers. Liquid and metabolizable energy requirements for maintenance of Sindi steers is 41.38 and 52.46 kcal/ $EBW^{0.75}$ /day respectively. The use efficiency of metabolizable energy for gain and maintenance of Sindi steers are 45.37 and 78.88% respectively.

Keywords: body content, efficiency, maintenance, metabolizable energy, zebu

INTRODUÇÃO

Ao longo da vida do animal, sua taxa de crescimento varia e isso também acontece com os tecidos que compõem o corpo. Existe uma ordem prioritária de deposição, primeiramente o tecido ósseo, em seguida o tecido muscular e por fim o tecido adiposo. Os três tecidos têm deposição constante, porém, as taxas de deposição de cada um, variam ao longo da vida do animal.

Dentre os três tecidos que compõem o corpo, o que exige maior custo para deposição é o tecido adiposo, pois sua deposição ocorre à medida que o peso corporal aumenta, quando há o aumento do valor energético do ganho e conseqüentemente a elevação das exigências energéticas (Moraes et al., 2009).

A energia é requerida por todos os seres vivos, que a utilizam em todas as funções vitais (Valadares et al., 2005). Não considerada como nutriente, ela é liberada do alimento pelos complexos processos metabólicos, uma vez que todos os constituintes orgânicos de uma dieta são susceptíveis à oxidação (Berchielle et. al; 2006). A energia oriunda da oxidação fisiológica é utilizada pelo animal de duas principais formas: para realização de trabalho (atividade dos músculos), ou para geração de calor, como a energia utilizada para manutenção da temperatura corporal e para os processos metabólicos.

A energia pode ser fornecida aos ruminantes através de vários alimentos, dependendo da região, da temporada e das exigências dos animais. A digestão e utilização desses alimentos é muito variável e a eficiência de absorção e utilização de energia depende do balanço de nutrientes e da função fisiológica (manutenção, lactação, engorda, crescimento...) para as quais são utilizados os nutrientes (INRA, 1988).

De acordo com Berchielle et. al (2006), vários nutrientes são requeridos para a realização dos diferentes fenômenos biológicos, entretanto a energia é usualmente escolhida para ser a base das exigências nutricionais, sendo os nutrientes expressos em relação a ela. Isso ocorre porque a vida, por si, é um processo consumidor de energia, e os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos, e cada um desses nutrientes é considerado pelo seu potencial em produzir energia na combustão.

Um dos aspectos que deve ser considerado na nutrição animal, são as exigências de energia para sustentar toda a produção de carne bovina. Ao considerar a

partição biológica da energia dos alimentos e dietas, constata-se que a maior parte é perdida, através das fezes, urina, gases e incremento calórico, e que a menor parte fica disponível para os animais utilizarem na manutenção de suas funções vitais e para o acúmulo de tecidos, ou seja, o produto, no caso a carne bovina. Nesse contexto, a energia demandada para manutenção assume um papel fundamental na melhoria da eficiência dos sistemas de produção de bovinos de corte. Quanto mais curto for o ciclo de vida de um animal, mais eficiente será o sistema, pois de toda a energia consumida durante a vida menor será a proporção destinada à manutenção (Oliveira et al., 2014).

Segundo Berchielle et. al (2006), a energia metabolizável para manutenção (EMm) é definida como a produção de calor de um animal mantido no ambiente termoneutro, quando a ingestão de energia metabolizável está em balanço com a perda de calor. É considerado que um animal está em manutenção quando ele é alimentado, porém não apresenta ganho de peso e modificações na sua composição corporal.

O requerimento de energia para manutenção pode ser afetado por vários fatores como: raça, grupo sexual, idade, temperatura ambiental, estado fisiológico e corporal, atividade física, peso, nível de produção, genética, composição corporal e aspectos nutricionais (Solis, 1987; Pires, 1991; Marcondes et al., 2010). De acordo com Ferrel & Jenkis (1985), cerca de 70 a 75% da energia metabolizável necessária para produção de carne são utilizadas para atender às exigências de manutenção.

Segundo Garrett et al. (1969), a energia líquida necessária para o crescimento e ganho de peso dos animais (ELg) corresponde ao valor calórico ou energia bruta dos tecidos, que é uma função da proporção de gordura e proteína depositadas no corpo.

Em animais adultos, bem alimentados, a grande responsável pelo aumento do peso vivo é a elevação do conteúdo de gordura corporal. Isso influencia diretamente o aumento das exigências energéticas para ganho (Backes et al., 2002).

Devido à enorme carência de dados no que diz respeito às características de carcaça de animais da raça Sindi, bem como suas exigências nutricionais, é necessário, conhecer as exigências energéticas dos animais para que seja fornecido aos mesmos uma quantidade de energia ideal na dieta, atendendo as necessidades nutricionais e evitando o desperdício de alimentos o que onera os custos relacionados à alimentação animal. Contudo, objetivou-se com a realização dessa pesquisa determinar a composição corporal e as exigências energéticas em bovinos da raça Sindi em crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (DZO-UFV), em Minas Gerais, localizada na região da Zona da Mata, com um clima tropical de altitude, verão chuvoso e temperatura média anual de 19°C podendo atingir uma temperatura máxima de 30°C. No inverno o ar é seco apresentando baixa umidade relativa e temperatura mínima de 10°C. O período experimental foi de fevereiro a abril de 2013, com duração de 88 dias, sendo 14 dias de adaptação à dieta e as instalações e 74 dias de confinamento. Durante o período de adaptação os animais consumiram a dieta formulada à vontade. Após esse período foram submetidos a um jejum sólido de 16 horas, e pesados novamente para início do experimento.

Foram utilizados 40 bovinos inteiros da raça Sindi, adquiridos da mesma propriedade com idade média de $21 \pm 1,5$ meses e peso corporal médio de $296,65 \pm 21,33$ Kg. No início do experimento os animais foram pesados, identificados com brincos, e tratados contra ecto e endoparasitas, em seguida foram distribuídos em baias individuais, com dimensões de 1,8 m de largura por 18,8 m de comprimento, totalizando uma área de $33,8 \text{ m}^2$. Todas as baias eram revestidas com piso de concreto e cobertas com telhas de amianto e cada baia apresentava comedouro coberto (2,5 m) e bebedouros individuais de concreto.

Os animais foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram definidos em função do nível de restrição da ingestão de matéria seca (MS) da dieta experimental, sendo 0, 15, 30 e 45%. O consumo de MS foi regulado a cada três dias para os animais com 0% de restrição, e então aplicada os níveis de restrição para os demais tratamentos. Para determinação do ganho de peso, os animais foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas e pesados a cada 14 dias. O consumo e as sobras foram registradas diariamente, sendo reguladas para permitirem sobras entre 5 e 10% do total da MS fornecida ao tratamento à vontade (0% de restrição). Dos 40 animais, 8 foram utilizados como grupo referência (dois animais de cada tratamento), sendo abatidos no início do experimento para estimar a composição corporal e o peso do corpo vazio (PCVZ) iniciais dos animais remanescentes.

A dieta foi formulada segundo o BR-CORTE (Valadares Filho et al. 2010), estimando-se um ganho de peso médio diário de 1,2 kg para os animais alimentados à vontade, com uma relação de volumoso: concentrado fixa de 40:60 durante todo o período experimental. Para a formulação, tomaram-se como base as exigências nutricionais de bovinos da raça Nelore, em decorrência da ausência de tabelas específicas para a raça Sindi. Foi utilizada como fonte volumosa a silagem de milho, e o concentrado foi formulado a partir de farelo de soja, fubá de milho, farelo de trigo, mistura mineral comercial e mistura de ureia e sulfato de amônio (9:1). O fornecimento da dieta foi realizado duas vezes ao dia, 60% da oferta pela manhã às 6:30 h e 40% da oferta a tarde às 14:30 h na forma de ração completa. A água foi fornecida à vontade para todos os animais do experimento.

As amostras da silagem de milho e das sobras foram coletadas diariamente, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer. Semanalmente essas amostras foram descongeladas e homogeneizadas e uma subamostra, representativa da semana, foi retirada, pesada e levada para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, depois pesadas e moídas em moinho com peneira de 1 mm. Após quatro semanas consecutivas as amostras previamente moídas, foram agrupadas compondo uma única amostra composta, e depois armazenadas. Enquanto que os ingredientes do concentrado foram amostrados a cada batida e posteriormente analisados.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do CCA/UFPB. As amostras de silagem de milho, ingredientes do concentrado, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), segundo método INCT-CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, proteína bruta (PB) segundo método INCT-CA N-001/1, multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25, extrato etéreo (EE) segundo método INCT-CA G-004/1. Para a avaliação da fibra em detergente neutro (FDN), segundo método INCT-CA F-001/1, utilizou-se o sistema ANKOM com saquinho de TNT (100 g/m²) cujas dimensões (5,0 x 5,0 cm de porosidade de 100 µm). Nas amostras de alimentos, silagem, fezes e sobras utilizou-se a alpha-amilase estável ao calor. As amostras de FDN foram corrigidas para proteína e cinzas, respectivamente, segundo método INCT-CA N-004/1 e INCT-CA M-002/1, descritos por Detmann et al. (2012). A participação e composição química dos ingredientes utilizados na

formulação da dieta experimental, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Participação dos ingredientes na dieta experimental com base na matéria seca

Ingredientes	Proporção (g/kg MS)
Silagem de Milho	400,0
Fubá de Milho	360,0
Farelo de soja	60,0
Farelo de Trigo	150,0
Ureia (SA)	10,0
Mistura Mineral ¹	20,0

¹Mistura Mineral: cálcio mín.120 g/kg, máx. 160 g/kg; cobalto mín. 45 mg/kg; cobre mín. 760 mg/kg; enxofre mín. 10 g/kg; flúor máx. 618,5 mg/kg; fósforo mín. 40 g/kg; iodo mín. 60 mg/kg; magnésio mín. 5 g/kg; manganês mín. 807 mg/kg; selênio mín. 15 mg/kg; sódio mín. 136 g/kg e zinco mín. 2.280 mg/kg.

Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados na dieta experimental, expressos com base na matéria seca

Itens	Dieta	Silagem de milho	Fubá de milho	Farelo de soja	Farelo de Trigo	Ureia SA¹(9:1)
g/Kg						
MS	458,1	266,1	881,8	880,4	868,2	999,0
MO	932,2	949,7	988,8	938,8	949,3	-
MM	37,8	56,3	11,2	61,2	50,7	-
PB	146,2	66,2	92,3	535,4	190,7	2.600,0
EE	37,4	33,7	47,7	19,7	36,9	-
FDN	380,2	637,8	125,8	186,8	457,2	
FDN _{cp}	340,2	574,1	103,4	117,9	441,8	-
CHOT	774,6	843,8	848,8	383,7	721,6	
CNF	609,8	269,9	745,5	266,04	280,14	-
FDNi	127,9	186,0	24,2	21,1	151,0	
NDT ²	691,3	64,67	79,76	80,56	64,74	-
ED	3,19	2,85	3,52	3,55	2,85	
EM	2,78	2,43	3,10	3,14	2,43	-
Na	3,25	0,58	0,58	0,45	0,35	
K	13,21	19,37	3,90	29,05	15,43	-

Mg	2,06	2,28	0,89	0,89	4,51
----	------	------	------	------	------

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigido para proteína bruta e cinzas; CNF = carboidratos não fibrosos; ¹SA: Sulfato de Amônia 9:1; ²NDT= nutrientes digestíveis totais estimados pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010); ED = energia digestível (Mcal/Kg); EM = energia metabolizável (Mcal/Kg).

Os valores de NDT tabelados dos ingredientes da dieta foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times \text{NDT (\%)};$$

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01 \times ED - 0,45$$

onde: ED = energia digestível, EM = energia metabolizável, %NDT = percentual de nutrientes digestíveis totais.

No cálculo dos carboidratos totais (CHOT) utilizou-se a equação proposta por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CHOT} = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM).$$

Os carboidratos não fibrosos (CNF) dos ingredientes e da dieta foram calculados pelas equações propostas por Detman et al. (2012), onde:

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

$\text{CNF (\%)} = 100 - \%MM - \%EE - \%FDN_{cp} - (\%PB - \%PB \text{ derivada da ureia} + \%ureia)$, respectivamente, em que: CNF = carboidratos não fibrosos; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigido para proteína e cinzas.

O consumo de matéria seca (CMS) e dos diferentes nutrientes foi calculado mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e encontradas nas sobras. A quantificação do consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foram estimadas pela equação do NRC (2001), em que:

$$\text{CNDT (kg)} = (\text{PB digestível}) + (2,25 \times \text{EE digestível}) + (\text{CNF digestível}) + (\text{FDN digestível})$$

onde: PB digestível = (PB ingerida – PB fezes), EE digestível = (EE ingerido – EE fezes), CNF digestível = (CNF ingerido – CNF fezes); FDN digestível = (FDN ingerida – FDN fezes). Enquanto que para a estimativa dos valores em percentual de nutrientes digestíveis totais, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{NDT (\%)} = (\text{CNDT/CMS}) \times 100.$$

Transcorridos 74 dias de confinamento todos os animais foram abatidos com idade média de $24 \pm 1,7$ meses, sendo 8 animais abatidos por vez (dois animais de cada tratamento), escolhidos aleatoriamente. Antes do abate todos os animais foram pesados, após 16 horas de jejum de sólidos, para obtenção do peso ao abate que foi em média $359,91 \pm 25,88$ Kg correspondendo ao peso final dos animais no experimento, e em seguida foram abatidos.

O abate foi realizado de acordo com as normas recomendadas pelo comitê de ética para abate de bovinos, sendo os animais insensibilizados pelo método da concussão cerebral, com pistola de dardo cativo, seguido por sangria total pela secção da veia jugular. Em seguida, os animais tiveram seus tratos gastrintestinais (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso) esvaziados, limpos e pesados. Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas (esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ).

A relação obtida entre o PCVZ e o peso corporal (PC) dos animais referência foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais remanescentes. Durante a sangria foi feita a colheita de uma amostra de sangue que foi pesada e colocada em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas, para determinação do teor de (MS), sendo, a seguir, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para posteriores análises de matéria seca (MS) segundo método INCT-CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, nitrogênio total e extrato etéreo (EE) segundo método INCT-CA, conforme descritos por Detmann et al. (2012), e proteína bruta (PB) sendo o teor de proteína obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995).

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças, utilizando-se uma serra elétrica, logo após, foram identificadas e pesadas individualmente constituindo, então, o peso de carcaça quente, logo após, foram resfriadas a 4°C por 24 horas. Decorrido este tempo, as meias-carcaças foram retiradas da câmara fria e pesadas, constituindo o peso de carcaça fria.

Dos 32 animais abatidos, em 16 animais foram utilizadas as meias-carcaças direitas que foram dissecadas em ossos, gordura e músculo, sendo moídos e posteriormente feita uma amostra para determinação dos teores de proteína e gordura (método direto).

O rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, carne industrial e aparas, foram triturados em um *cutter* industrial por 20 minutos para retirada de uma amostra homogênea de órgãos e vísceras.

As amostras de sangue, órgãos mais vísceras, de músculos mais gordura da ½ carcaça direita, as de couro e de osso foram levadas para o liofilizador durante 48 a 72 horas, para determinação da matéria seca gordurosa (MSG) segundo método INCT-CA G-002/1 (Detmann et al., 2012). Em seguida, foram submetidas a um processo de extração de gordura com éter de petróleo, obtendo-se a matéria seca pré-desengordurada (MSPD) que, posteriormente, foi processada em moinho para determinação dos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT-CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, nitrogênio total e extrato etéreo (EE) segundo método INCT-CA, conforme descritos por Detmann et al. (2012), e proteína bruta (PB) sendo o teor de proteína obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995).

Nos outros 16 animais, foram utilizadas as meias-carcaças esquerdas e foi aplicado o corte da seção entre a 9ª-10ª-11ª costelas (seção HH – método indireto), sendo que músculo e gordura foram moídos juntos e posteriormente foi feita uma amostra composta proporcional à presença na carcaça de cada um desses tecidos, e os ossos foram moídos separadamente, para posteriores análises laboratoriais. Para realização do corte da sessão HH com uma régua mediu-se a distância entre o primeiro e último ponto ósseo da costela (distância de A a B) obtendo-se 61,5% dessa distância (ponto C). O corte da seção HH foi feito no ponto D, que é definido pelo ponto em que

uma reta perpendicular à régua (esquadro) passa pelo ponto C, segundo metodologia de Hankins & Howe (1946), como demonstrado na figura 1:

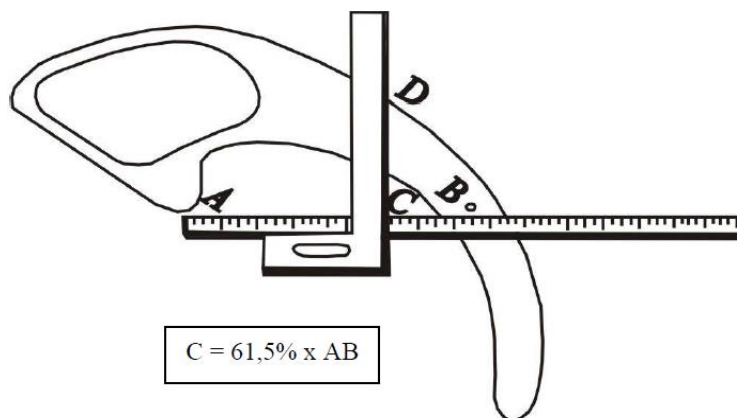


Figura 1. Vista de seção da 9ª-10ª-11ª costelas (método de corte da seção HH) através de um corte perpendicular à coluna dorsal na altura da 12ª costela (Hankins & Howe, 1946).

Foram realizados ensaios de digestibilidade em dois momentos, no 22º e 44º dias, com os 32 animais remanescentes do experimento. As coletas foram realizadas durante três dias consecutivos, onde as fezes de cada animal foram coletadas imediatamente após a defecação espontânea ou diretamente no piso das baias e também por coleta diretamente na ampola retal. As coletas foram realizadas em três horários distintos, o 1º dia de coleta foi feito entre 7:00 e 8:00 h da manhã, o 2º dia entre 12:00 e 13:00 h da tarde e o 3º dia entre 16:00 e 17:00 h da tarde simulando um período de 12 horas de coleta. Após as coletas, as fezes foram devidamente identificadas, pesadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55C por cerca de 72 horas. E moídas em moinho com peneira de 1 mm para análise da composição química, sendo utilizadas depois nos cálculos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. Durante esse período também foram coletadas amostras das sobras por animal, ingredientes do concentrado e da silagem de milho para posteriores análises.

A determinação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980):

$$CE = 5,6405 X + 9,3929 Y$$

onde, CE é o conteúdo energético (Mcal), X é a proteína corporal (kg) e Y é a gordura corporal (kg).

$$CE = \beta_0 \times PCVZ^{\beta_1}$$

onde, CE é o conteúdo de energia corporal (Mcal), PCVZ é o peso de corpo vazio e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

A partir dos parâmetros da regressão acima apresentada, os requerimentos líquidos de energia por quilo de ganho de peso de corpo vazio foram estimados pela derivada da equação acima, segundo o modelo:

$$ELg = \beta_0 \times \beta_1 \times PCVZ^{\beta_1-1}$$

Onde ELg é o requerimento de energia líquida para ganho (Mcal/kgGPCVZ).

Para a conversão do PC em PCVZ foram calculadas as relações entre o PCVZ e o PC dos animais mantidos no experimento, dentro de cada grupo de restrição alimentar, que foram, então, utilizadas para conversão das exigências para ganho de PCVZ em exigências para ganho de PC.

Foram ajustadas equações de regressão entre a energia retida (ER, Mcal/dia) e o ganho diário de PCVZ (GPCVZ, kg/dia), para determinar PCVZ metabólico ($kg^{0,75}$), conforme preconizado pelo NRC (1984), como também a partir do método de modelos não lineares (Procedimento Proc nlin do SAS), utilizando-se algoritmo iterativo de Gaus-Newton. Segundo o método do NRC (1984), obtém-se uma equação de regressão entre o logaritmo da $ER/kg\ PCVZ^{0,75}$ em função do logaritmo do ganho de peso de corpo vazio, segundo o modelo:

$$\text{Log}(ER/PCVZ^{0,75}) = \beta_1 \times \text{log GPCVZ} + \beta_0$$

A partir dessa equação, obtém-se a relação entre a ER em função do PCVZ metabólico e do GPCVZ, da seguinte forma:

$$ER \text{ (Mcal/dia)} = 10^{\beta_0} \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{\beta_1}$$

Assim, a equação final foi representada pelo modelo:

$$ER \text{ (Mcal/dia)} = \beta_2 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{\beta_1}$$

As exigências de energia líquida para manutenção foram estimadas a partir do anti-log do intercepto da equação obtida pela regressão linear entre o logaritmo da produção de calor (PC, Mcal kg PCVZ^{0,75}) e o CEM (Mcal kg PCVZ^{0,75}) dos animais do grupo manutenção e daqueles de consumo voluntário segundo Lofgreen e Garret (1968). Também foram estimadas pelo coeficiente β_0 da equação de regressão não-linear entre a PC e o CEM, segundo Ferrell e Jenkins (1998).

As exigências de energia metabolizável para manutenção foram estimadas a partir da relação entre a energia retida (ER, Mcal/kg PCVZ^{0,75}) e o consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}), segundo o modelo:

$$ER \text{ (Mcal/kg PCVZ}^{0,75}\text{)} = \beta_1 \times CEM \text{ (Mcal/kg PCVZ}^{0,75}\text{)} + \beta_0,$$

Em que β_1 representa a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de peso. Igualando-se a ER a zero na equação acima foi obtido o consumo de energia em que a retenção de energia é nula, representando, desta forma as exigências de energia metabolizável para manutenção (EMm). Assim, a EMm foi obtida pela razão entre os coeficientes β_0 e β_1 da equação acima ($EMm = \beta_0/\beta_1$).

Para obtenção dos parâmetros β_0 e β_1 da equação acima, foi utilizado o método da regressão ortogonal, conforme preconizado por Fuller (1987), uma vez que assumiu-se que existem erros associados às duas variáveis (ER e CEM). Os parâmetros da equação foram obtidos da seguinte forma:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \times \bar{X}$$

$$\beta_1 = (\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + ((\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2)^{0,5})/2\sigma_{xy}$$

onde, $\bar{X}$ é a média do consumo de energia metabolizável, $\bar{Y}$ é a média da energia retida, σ_x^2 é a variância de X, σ_y^2 é a variância de Y e σ_{xy} é a covariância entre X e Y.

Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão, utilizando-se o pacote estatístico *Statistical Analysis Systems* (SAS, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo médio de Matéria Seca (MS) e nutrientes expressos em Kg/dia decresceu com a restrição alimentar ($P < 0,05$). À medida que o nível de restrição foi intensificado, a quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais diminuiu, diminuindo o consumo. O consumo de MS decresceu de 7,70 a 4,34 kg/dia em função da restrição, provocando a diminuição dos nutrientes para os níveis de restrição aplicados. Quando o consumo foi expresso em função do percentual do peso corporal (% PC) dos animais, observou-se efeito linear também decrescente para os consumos de MS, FDN e NDT, (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de matéria seca e nutrientes de novilhos da raça Sindi, submetidos à níveis de restrição alimentar

Itens	Níveis de Restrição (%)				EPM	Valor P
	0	15	30	45		L
Consumo, Kg/dia						
¹ Matéria Seca	7,70	6,78	5,79	4,34	0,248	<0,001
² Proteína Bruta	1,15	1,00	0,84	0,64	0,038	<0,001
³ Extrato Etéreo	0,30	0,26	0,22	0,17	0,001	<0,001
⁴ Fibra em detergente neutro	2,81	2,52	2,20	1,65	0,088	<0,001
⁵ FDN corrigida/cinzas e proteína	2,50	2,25	1,97	1,48	0,078	<0,001
⁶ Carboidratos Totais	5,95	5,24	4,49	3,36	0,191	<0,001
⁷ Carboidratos não fibrosos	3,14	2,72	2,28	1,71	0,103	<0,001
⁸ Nutrientes digestíveis totais	4,82	4,23	3,65	2,83	0,149	<0,001
Consumo, % Peso corporal						
⁹ Matéria Seca	2,26	2,04	1,76	1,40	0,062	<0,001
¹⁰ Fibra em detergente neutro	0,74	0,68	0,60	0,48	0,019	<0,001
¹¹ Nutrientes digestíveis totais	1,41	1,28	1,11	0,91	0,036	<0,001

EPM - Erro Padrão da Média; P - Probabilidade; L – Linear

¹ $\hat{Y} = 7,813 - 0,073x$ ($R^2 = 0,80$); ² $\hat{Y} = 1,161 - 0,011x$ ($R^2 = 0,81$); ³ $\hat{Y} = 0,414 + 0,008x$ ($R^2 = 0,25$); ⁴ $\hat{Y} = 2,862 - 0,025x$ ($R^2 = 0,75$); ⁵ $\hat{Y} = 2,550 - 0,022x$ ($R^2 = 0,74$); ⁶ $\hat{Y} = 6,034 - 0,056x$ ($R^2 = 0,80$); ⁷ $\hat{Y} = 3,170 - 0,031x$ ($R^2 = 0,84$); ⁸ $\hat{Y} = 4,861 - 0,043x$ ($R^2 = 0,78$); ⁹ $\hat{Y} = 2,295 - 0,019x$ ($R^2 = 0,88$); ¹⁰ $\hat{Y} = 0,748 - 0,005x$ ($R^2 = 0,82$); ¹¹ $\hat{Y} = 1,425 - 0,011x$ ($R^2 = 0,87$)

Neto et al. (2011), trabalhando com novilhas Sindi submetidas a 0, 20 e 40% de restrição, também observaram efeito decrescente do consumo de nutrientes em kg/dia e %PC para animais em restrição, corroborando com os resultados apresentados nesta pesquisa. Clark et al. (2007), trabalhando com restrição do consumo de MS de bovinos

de corte, relataram que novilhos submetidos a uma redução de 20% na ingestão de matéria seca, porém não restritos quanto a energia metabolizável e proteína metabolizável apresentam maior digestibilidade quando comparados aos alimentados à vontade.

Provavelmente, os animais da raça Sindi são mais eficientes em converter a MS ingerida em produto, ainda que estejam em regime alimentar restrito, reforçando a pressuposição de que os mesmos, poderiam ser mais amplamente utilizados para produção de carne em regiões que apresentem menor disponibilidade de alimentos ou em regiões cujos custos com a dieta são relativamente mais altos.

Verificou-se que o consumo de MS em %PC para o grupo alimentado à vontade (2,26%) foi menor do que valores preconizados para bovinos de corte que é em média de 2,5% PC. Outros trabalhos desenvolvidos com novilhos Sindi apresentaram consumo de MS em %PC variando entre 2,41% (Sousa, 2008), 2,72% (Cândido, 2009) e 2,96% (Furtado et al., 2012). Estas diferenças encontradas na literatura podem ser justificadas devido à variação no peso corporal destes animais. Por outro lado, quando comparados os resultados do referido trabalho com novilhos da raça Nelore observa-se proximidade de valores. Avaliando o desempenho de grupos genéticos envolvendo o Nelore e seus cruzamentos (Nelore-Angus e F1 Nelore-Simental), Marcondes et al. (2011), observaram consumo de MS em % PC de 2,30, 2,39 e 2,15% respectivamente.

A composição tecidual da carcaça foi afetada pela restrição alimentar ($P < 0,05$), obtendo efeito linear para as variáveis percentual de músculo, gordura e osso, no entanto, as relações músculo:osso e músculo + gordura:osso não apresentaram significância. Com exceção das relações músculo:osso e músculo + gordura:osso que não foram influenciadas pela restrição aplicada ($P > 0,05$), ao comparar os níveis observa-se que quanto mais intensa a restrição maior o percentual de tecido muscular e ósseo na carcaça e menor o percentual de gordura (Tabela 4).

Tabela 4. Composição física e química da ½ carcaça de novilhos da raça Sindí, submetidos à níveis de restrição alimentar

Itens	Níveis de Restrição (%)				EPM	Valor P
	0	15	30	45		L
Composição física, %						
¹ Músculo, %	59,20	61,58	61,77	64,15	1,286	0,0111
² Gordura, %	23,70	22,00	20,18	17,24	1,333	0,0003
³ Osso, %	16,79	16,20	18,05	18,41	0,383	0,0430
⁴ Relação Músculo:Osso	3,55	3,88	3,44	3,57	0,114	0,6652
⁵ Relação Músculo + Gordura:Osso	5,05	5,26	4,56	4,51	0,139	0,0584
Composição química, %						
⁶ Proteína	17,59	17,05	17,89	18,63	0,260	0,1000
⁷ Extrato Etéreo	16,02	15,81	15,97	14,81	0,406	0,3128
⁸ Cinzas	4,03	3,86	4,12	4,23	0,146	0,1814
⁹ Água	62,49	63,25	62,16	62,57	0,437	0,7533

EPM - Erro Padrão da Média; P - Probabilidade; L – Linear

¹Média = 61,67; ² $\hat{Y} = 23,96 - 0,141x$ ($R^2 = 0,10$); ³Média = 17,36; ⁴Média = 3,61; ⁵Média = 4,84; ⁶Média = 17,79;

⁷Média = 15,65; ⁸Média = 4,06; ⁹Média = 62,62

Gesualdi Jr. et al. (2006) trabalhando com características de carcaça de bovinos nelore e caracu sob restrição alimentar, verificaram que o regime alimentar influenciou a quantidade de tecido muscular, adiposo e ósseo da carcaça, sendo os maiores valores observados no plano *ad libitum*. Mesmo estando sob restrição alimentar, os animais depositaram músculo, o que pode ser justificado devido ao fato de que, quando os animais se aproximam da maturidade, o crescimento protéico diminui e é preservado ao máximo passando a ser a fonte energética principal, uma vez da escassez de outra fonte de energia. Dessa forma, devido à restrição os animais podem ter mobilizado gordura do tecido adiposo para depositar músculo, outra justificativa se dá ao fato da composição da carcaça ser muito próxima da composição na fase de restrição. É da fisiologia do animal a preferência por depositar músculo (proteína) e, em seguida gordura.

Segundo Clímaco et al. (2011) trabalhando com desempenho de novilhas leiteiras sob manejo para crescimento compensatório recebendo suplementação, a determinação dessas relações é importante na avaliação da qualidade da carcaça, pois, representam a relação entre a porção comestível da carcaça e a quantidade de ossos.

Quanto à composição química (%), nenhum componente foi influenciado pela restrição alimentar ($P > 0,05$). Comprovando o elevado potencial produtivo da raça

Sindi e a sua capacidade de se adaptar e manter sua composição corporal e produção sob condições de escassez de alimentos, nesse caso, a restrição alimentar.

Com excessão do peso vivo inicial (PV inicial) em kg, todas as outras variáveis peso vivo final (PV final), ganho de peso vivo (GPV), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA), foram influenciadas ($P < 0,05$) pela restrição alimentar (Tabela 5).

Tabela 5. Desempenho de novilhos da raça Sindi submetidos a níveis de restrição alimentar

Itens	Níveis de Restrição (%)				EPM	Valor P
	0	15	30	45		
¹ PV inicial, kg	299,56	294,50	297,81	294,69	3,831	0,7424
² PV final, kg	381,87	370,69	358,56	328,50	6,109	0,0007
³ GPV, kg	82,31	76,19	60,75	33,81	4,146	<0,0001
⁴ GMD, kg	1,16	1,07	0,85	0,48	0,058	<0,0001
⁵ Eficiência Alimentar	0,15	0,16	0,15	0,11	0,006	0,0054

EPM - Erro Padrão da Média; P - Probabilidade; L - Linear.

¹Média = 296,64; ² $\hat{Y} = 385,7 - 1,148x$ ($R^2 = 0,32$); ³ $\hat{Y} = 87,40 - 1,072x$ ($R^2 = 0,61$); ⁴ $\hat{Y} = 1,223 - 0,015x$ ($R^2 = 0,61$); ⁵ $\hat{Y} = 0,160 - 0,000x$ ($R^2 = 0,21$)

À medida que se intensificou o nível de restrição, os valores referentes ao PV final, GPV, GMD e EA diminuíram linearmente. Este comportamento é justificado pela menor ingestão de matéria seca pelos animais, ocasionando menor disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente menor desenvolvimento corporal nesses animais ao final do experimento. Resultados semelhantes aos observados por Murphy & Loerch (1994), em sua pesquisa com restrição alimentar de novilhos em crescimento avaliando composição, características e desempenho de carcaça. Observou-se influência da restrição com a redução no peso final dos animais para o nível com 45% de restrição e conseqüentemente, menor eficiência alimentar observada para esse nível. Este comportamento pode ser justificado pelo maior consumo de nutrientes do grupo controle, ocasionando maior peso corporal e maior eficiência em ganho.

A limitação de nutrientes pode provocar redução no peso da carcaça, além de retardar o seu acabamento. O peso final é um aspecto importante para a criação de bovinos de corte, pois é reflexo das práticas de manejo, planejamento nutricional e eficiência de ganho em peso das raças.

Os resultados encontrados nesta pesquisa evidenciam excelente capacidade de ganho de peso ainda que haja limitação na ingestão de matéria seca e de nutrientes, comprovando grande rusticidade e adaptabilidade da raça Sindi, além de se mostrar como uma alternativa de raça zebuína que pode ser utilizada na pecuária de corte no país.

Murphy & Loerch (1994), Cândido (2009) e Neto et al. (2011) também observaram decréscimo no ganho médio diário em função da restrição entre os grupos com 0, 20 e 40%, respectivamente. Resultado que segundo os autores já era de se esperar, pois quanto mais intensa a restrição alimentar maior foi o déficit de nutrientes para o animal.

De acordo com Hicks et al. (1990) e Murphy e Loerch (1994), a alimentação restrita reduz a perda de alimento, aumentando a digestibilidade da dieta, além de reduzir as exigências de manutenção melhorando sua eficiência.

Trajano (2014) avaliando a restrição alimentar em bovinos da raça Sindi em crescimento, observou que com a intensificação da restrição a digestibilidade da MS, FDN, FDN corrigida para cinzas e proteína, CHOT e NDT apresentaram efeito linear crescente ($P>0,05$), comprovando que, quando submetidos à restrição alimentar, os animais se tornam mais eficientes na utilização dos nutrientes disponíveis, pois quanto menor a quantidade de nutrientes chegando ao trato digestivo maior é o seu aproveitamento.

A aplicação da restrição alimentar pode apresentar várias vantagens dentre elas, o aumento da digestibilidade da dieta com diminuição da ingestão, melhora da eficiência alimentar, redução dos custos com a alimentação e, provavelmente aumento no ganho médio diário dos animais (Galyean et al., 1979). A aplicação da restrição em níveis adequados durante as épocas de escassez de alimentos ou de aumento no preço dos concentrados pode garantir que os novilhos supram suas exigências de manutenção e até obtenham ganhos menores de peso.

Outras evidências foram relatadas por Murphy e Loerch (1994) sobre possíveis explicações da melhoria na eficiência alimentar de animais submetidos a restrições moderadas, como: redução do tamanho do fígado e manutenção dos gastos de energia, redução da atividade física que conduz à necessidade de manutenções reduzidas e redução do desperdício alimentar.

A relação entre peso corporal (PC) e peso de corpo vazio (PCVZ) para estimativa do PCVZ não sofreu efeito ($P>0,05$) do nível de restrição alimentar. Desta forma, o PCVZ, a partir do PC dos animais do presente estudo foi estimado da seguinte forma:

$$\text{PCVZ (kg)} = 0,900 \times \text{PCj (kg)}$$

Onde PCj é o peso corporal em jejum.

Esta relação (PC/PCVZ) está de acordo com dados relatados pela literatura que podem variar de 0,85 a 0,95 (NRC, 2000; Backes et al., 2002; Paulino et al., 2004; Valadares Filho et al., 2006 e Chizzotti et al., 2008).

A relação entre o ganho médio diário (GMD) e o ganho de PCVZ (GPCVZ), necessária para conversão das exigências para GPCVZ em exigências para ganho de PC também não sofreu efeito do nível de restrição alimentar. Portanto, a equação conjunta é demonstrada da seguinte forma:

$$\text{GPCVZ (kg/dia)} = 0,865 \times \text{GMD (kg/dia)}.$$

Dessa forma, no referido trabalho, para se obterem os requisitos líquidos para ganho diário de 1,2 kg de PC, devem-se multiplicar os requisitos para ganho de 1,2 kg de PCVZ pelo fator 0,865, inferior aos valores recomendados pelo NRC (1996), de 0,96, Paulino et al. (2004), de 0,90, Silva et al. (2002), de 1,006 e Valadares Filho et al. (2010), de 0,96.

As equações que descrevem o conteúdo de energia corporal estimadas foram:

$$\text{Método Direto: Energia Corporal (Mcal)} = 0,2972 \times \text{PCVZ}^{1,3565} \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{Método Indireto: Energia Corporal (Mcal)} = 0,3177 \times \text{PCVZ}^{1,3598} \quad (\text{eq. 2})$$

Foram detectadas diferenças significativas entre os métodos ($P<0,05$).

Na Figura 2 é apresentado o crescimento do conteúdo de energia corporal em função do aumento do peso corporal para os métodos direto e indireto avaliados.

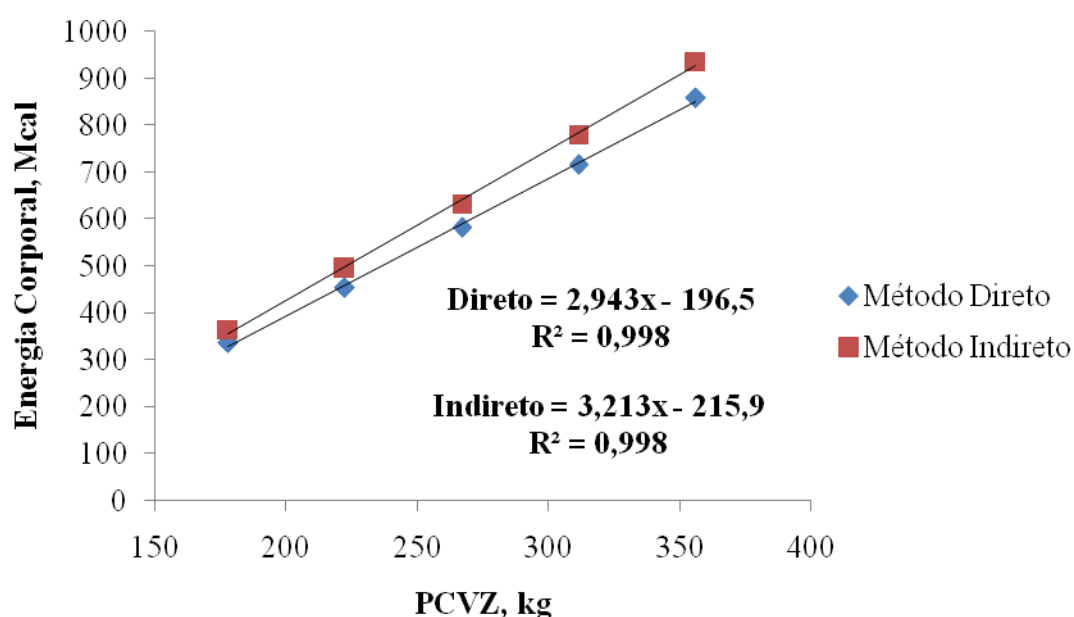


Figura 2. Conteúdo de energia no corpo vazio em função de diferentes pesos de corpo vazio (PCVZ) para novilhos Sindi utilizando os métodos direto e indireto avaliados

A partir das equações de energia retida (ER) eq. 3 e 4, foram estimadas as exigências de energia líquida por quilo de ganho de peso de corpo vazio para os diferentes pesos corporais (Tabela 6). Os dados evidenciam aumento nas exigências de energia tanto para o método direto como para o método indireto, na medida em que aumenta o peso corporal dos animais. Esse fato ocorre devido ao aumento da maturidade dos animais. De acordo com Luchiari Filho (2000), à medida que o animal se aproxima da maturidade, ponto no qual cessa a deposição de tecido muscular, começa a ocorrer maior deposição de gordura (mais energia corporal) no corpo do animal.

Tabela 6. Exigências de energia líquida para ganho (ELg), expressas em Mcal/dia de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)				
	200	250	300	350	400
Energia Líquida de Ganho (Mcal/dia) - M. Direto					
0,50	1,79	2,11	2,42	2,72	3,01
0,75	2,08	2,46	2,82	3,16	3,50
1,00	2,32	2,74	3,14	3,52	3,89
1,25	2,52	2,97	3,41	3,83	4,23
Energia Líquida de Ganho (Mcal/dia) - M. Indireto					
0,50	1,59	1,88	2,15	2,41	2,67
0,75	2,02	2,39	2,74	3,07	3,39
1,00	2,39	2,83	3,24	3,64	4,03
1,25	2,73	3,23	3,70	4,16	4,60

Vale ressaltar que houve diferença significativa ($P < 0,05$), quanto às exigências de energia para ganho entre os métodos direto e indireto. As exigências nutricionais dos animais são influenciadas diretamente pela sua composição corporal.

A partir dos dados obtidos de energia retida (ER, Mcal/dia), peso do corpo vazio (PCVZ^{0,75}, kg^{0,75}) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ, kg/dia) dos animais, construíram-se equações para estimar a energia retida a partir desses dois parâmetros. Para construção das equações que descrevem a estimativa da energia retida, descritas a seguir, adotou-se o método de modelos não-lineares, utilizando-se algoritmo iterativo de Gaus-Newton.

$$\text{Método Direto: ER (Mcal/dia)} = 0,0490 \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,3730} \quad (\text{eq. 3})$$

$$\text{Método Indireto: ER (Mcal/dia)} = 0,0544 \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,5932} \quad (\text{eq. 4})$$

As exigências de energia líquida para manutenção são representadas pela energia despendida no metabolismo basal e pelo calor produzido pelas atividades voluntárias do animal. Segundo Caton et al. (2000) em sua revisão sobre gasto energético de bovinos de corte, o rebanho de cria consome por volta de 65 a 75% da energia total requerida pelo sistema de produção de carne como um todo. Desta forma, mais de 50% da energia usada para produção de carne é utilizada somente para manutenção.

Pela regressão do logaritmo da produção de calor (PC) em função do consumo de energia metabolizável (CEM) dos animais, foram obtidas as equações abaixo:

Método Direto: $\text{Log PC (kcal/kgPCVZ}^{0,75}\text{/dia)} = 1,7391 + 0,0029 \times \text{CEM}$, $r^2 = 0,99$
(eq. 5)

Método Indireto: $\text{Log PC (kcal/kgPCVZ}^{0,75}\text{/dia)} = 1,6581 + 0,0034 \times \text{CEM}$, $r^2 = 0,99$
(eq. 6)

A partir das equações acima foram obtidos os requerimentos diários de energia líquida para manutenção de 41,38 e 46,94 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia para os animais através dos métodos direto e indireto, respectivamente. Houve efeito ($P < 0,05$) dos métodos direto e indireto sobre os requerimentos de energia líquida. (Figuras 3 e 4):

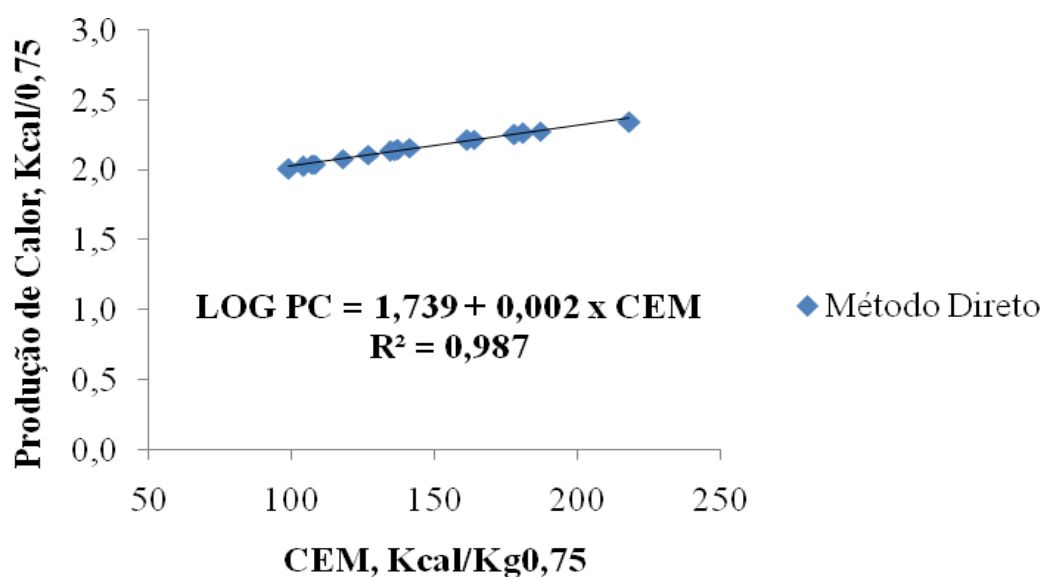


Figura 3. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método direto

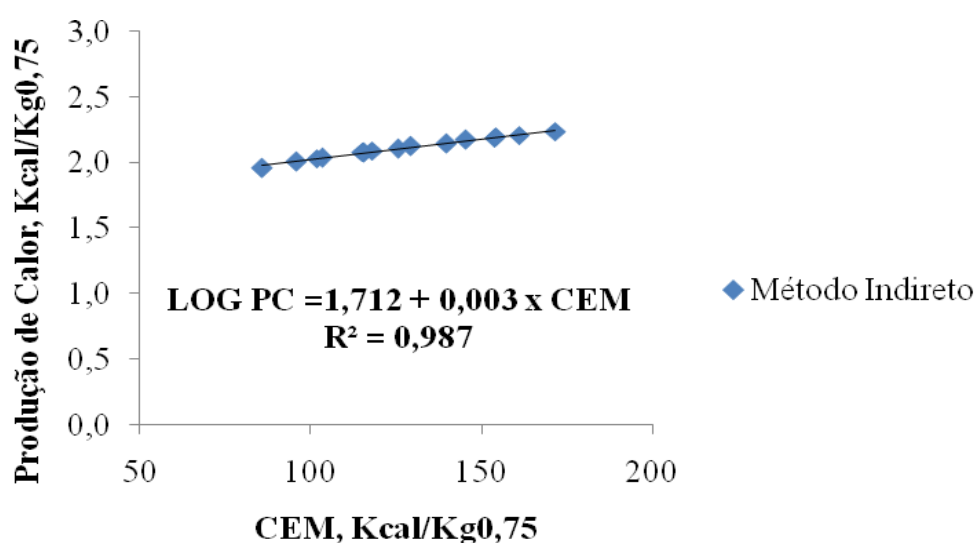


Figura 4. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método indireto

Os requerimentos diários de energia líquida para manutenção de 41,38 e 46,94 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia para os animais através dos métodos direto e indireto, respectivamente, se apresentam bem inferiores ao valor de 77 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia preconizado pelo NRC (2000) como requerimento líquido para manutenção, citando ainda que animais zebuínos teriam cerca de 10% a menos dessa exigência energética (69,30 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia), assim como inferiores também ao valor de 0,53 MJ/kg^{0,67}/dia mais acréscimo de 15% para machos não castrados (145,69 Kcal) estimado pelo ARC (1980) com base em estudos calorimétricos e ao valor de 70,55 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia encontrado por Souza (2010) trabalhando com três grupos genéticos. Freitas et al. (2000) encontrou exigência de energia líquida para manutenção de 50,2 kcal/kg^{0,75}/dia para animais Nelore, valor mais próximo ao encontrado nessa pesquisa em comparação com os dos outros autores.

De acordo com Paulino et al. (1999), a menor exigência de energia para manutenção dos animais zebuínos pode estar associada à utilização mais eficiente da energia para manutenção em relação aos taurinos ou a menor metabolismo basal. Ferrel et al. (1976), afirmam que as diferenças nas exigências de energia líquida para manutenção entre grupos genéticos podem ser, em parte, explicadas por diferenças no tamanho de seus órgãos internos, que são maiores nos taurinos que nos zebuínos.

Durante a restrição alimentar, o animal utiliza o mecanismo de redução do tamanho dos seus órgãos, como o fígado e os intestinos, pois, estes são os que proporcionalmente ao tamanho, mais gastam energia, e nesta situação de baixa ingestão de nutrientes como é o caso desta pesquisa, eles estariam superdimensionados para realizar suas funções. Assim, essa economia é compensadora, seu trato digestivo fica mais vazio e o animal gasta menos energia para manter-se vivo.

Diante do exposto, observa-se a alta eficiência dos animais da raça Sindi em utilizar a energia para manutenção, exigindo uma menor quantidade de energia para manter suas funções vitais em comparação a outras raças.

Para estimar as exigências de energia para manutenção foi utilizado também outro método, descrito por Ferrel e Jenkins (1998), que relaciona a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável de forma exponencial. Nesse modelo o intercepto da equação seria o requerimento de energia líquida para manutenção. Foram estimados modelos para cada método:

$$\text{Direto: PC (kcal/kgPCVZ}^{0,75}\text{/dia)} = 41,377e^{0,0061\text{CEM}}, r^2 = 0,83 \quad (\text{eq. 7})$$

$$\text{Indireto: PC (kcal/kgPCVZ}^{0,75}\text{/dia)} = 46,935e^{0,0054\text{CEM}}, r^2 = 0,86 \quad (\text{eq. 8})$$

A partir desses modelos encontraram-se os requerimentos diários de energia líquida para manutenção de 41,377 e 46,935 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia para animais dos métodos direto e indireto, respectivamente. Houve efeito ($P < 0,05$) dos métodos sobre as exigências de energia líquida de manutenção (Figuras 5 e 6).

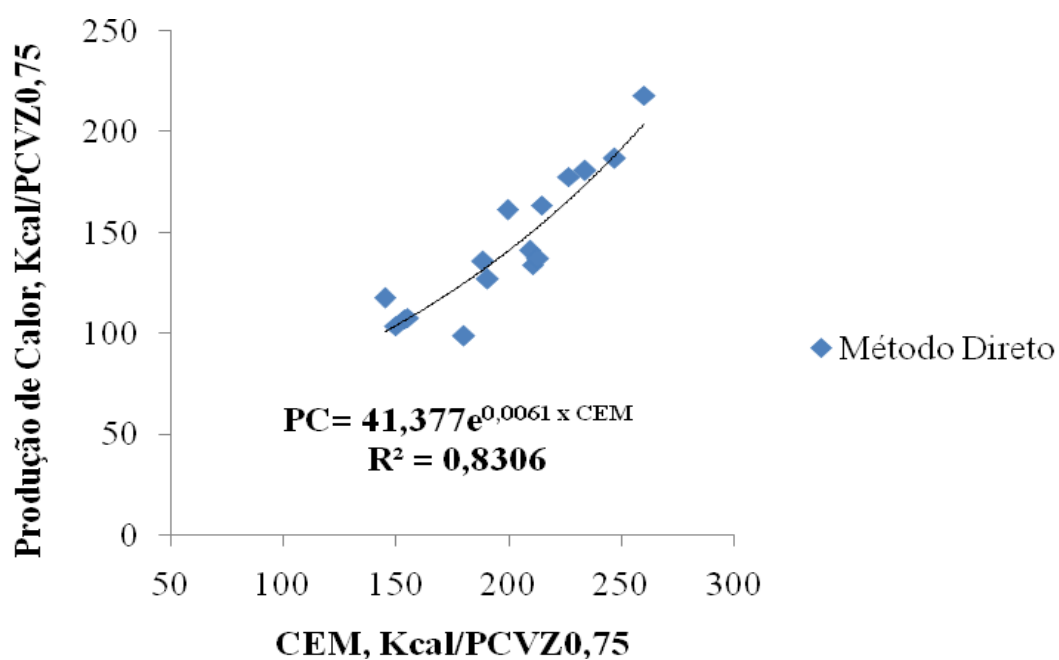


Figura 5. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método direto

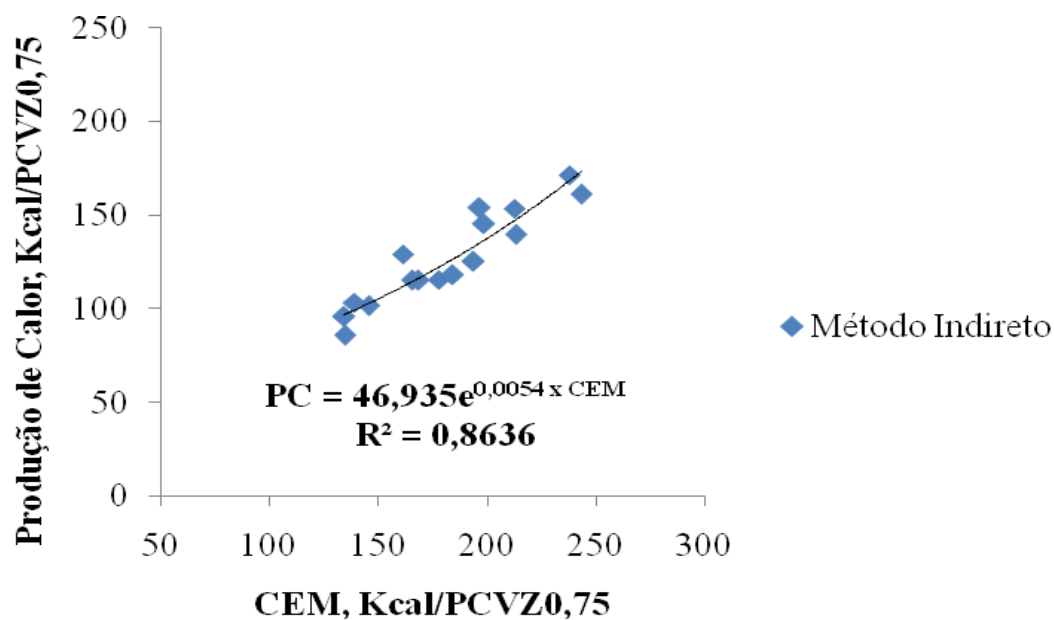


Figura 6. Relação entre a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método indireto

Como o modelo logaritmo utilizado para estimar as exigências de energia para manutenção apresentou um r^2 maior (0,99) para ambos os métodos (direto e indireto) do que o modelo de produção de calor (0,83 e 0,86), o modelo que mais se adequou a essa pesquisa foi o logaritmo.

O requerimento de energia metabolizável para manutenção pode ser definido como o consumo de energia metabolizável quando a energia retida é igual a zero (Dawson e Steen, 1998). Os modelos desenvolvidos para cada método avaliado apresentaram exigência de energia metabolizável de manutenção de 52,46 e 54,77 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia para os animais através dos métodos direto e indireto, respectivamente. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os mesmos (Figuras 7 e 8).

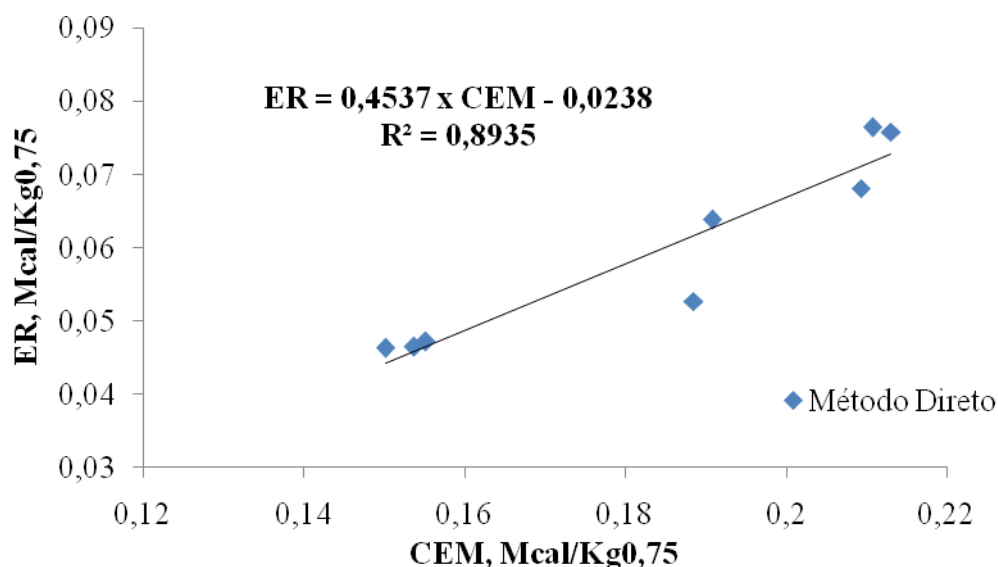


Figura 7. Relação entre energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método direto

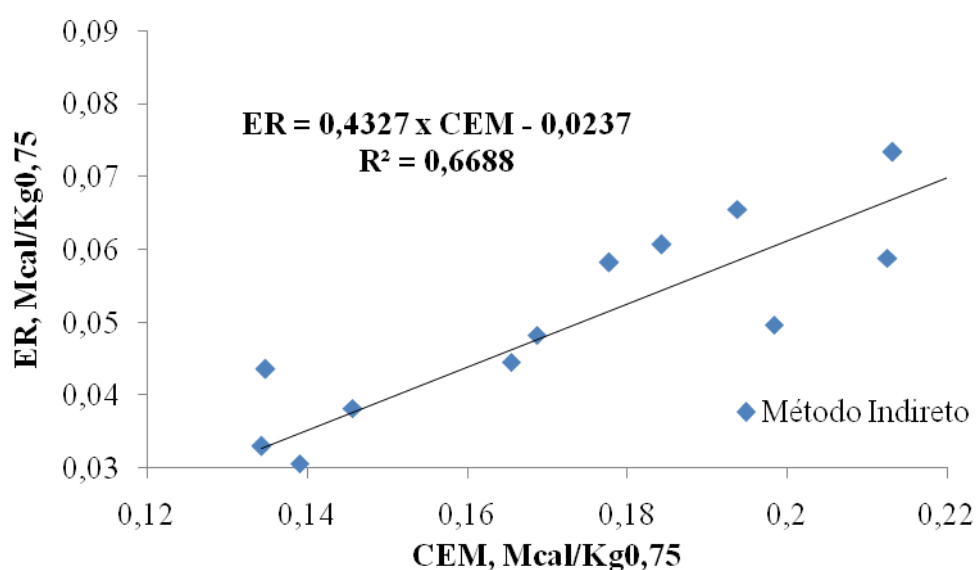


Figura 8. Relação entre energia retida (ER) e o consumo de energia metabolizável (CEM), pelo método indireto

De acordo com os modelos, para os métodos direto e indireto, os requerimentos diários de energia metabolizável para manutenção dos animais são de 52,46 e 54,77 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia, respectivamente. Esses valores estão bem abaixo da maioria dos dados encontrados na literatura, como os de Chizzotti et al. (2008) de 112,0 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia, Valadares Filho et al. (2006) de 108,39 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia e Souza (2010) de 92,38 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia.

Utilizando a inclinação dos modelos gerados acima, encontrou-se uma eficiência do uso de energia metabolizável para ganho de peso (*kg*) de 45,37 e 43,27% para os métodos direto e indireto, respectivamente. Os mesmos diferiram entre si ($P < 0,05$).

As eficiências do uso da energia metabolizável para ganho de peso encontradas nesse estudo diferem dos valores de 35 e 47% encontrado por Valadares Filho et al. (2006) para animais recebendo menos de 50% de concentrado e mais de 50%, respectivamente. Porém, estão coerentes com o valor de 45% encontrado por Paulino (2006), trabalhando com Nelore de três classes sexuais (machos inteiros, castrados e fêmeas), semelhante à *kg* dos animais do método direto. Assim como Tedeschi et al. (2002), que encontraram um valor de 45,9% para machos Nelore Inteiros.

Conhecendo os valores de energia líquida e metabolizável para manutenção, encontrou-se a eficiência de uso de energia metabolizável para manutenção (*km*). Os

valores de *km* obtidos para os animais através dos métodos direto e indireto foram de 78,88 e 85,69%, respectivamente. Os valores diferiram entre si ($P < 0,05$).

Ferrell e Jenkins (1998) avaliando taurinos e seus cruzamentos sugeriram eficiências entre 65 e 69%, inferiores a eficiência dessa pesquisa. Segundo o NRC (2000) e Valadares Filho et al. (2006), utilizando o mesmo processo iterativo, os valores de *km* recomendados são de 65 e 63%, respectivamente. Souza (2010), encontrou uma *km* conjunta para os três grupos genéticos avaliados (Nelore, Nelore x Angus e Nelore x Simental) de 66,24%, também inferior ao encontrado nesse trabalho. Comprovando que de fato, os animais da raça Sindi são mais eficientes em utilizar a energia metabolizável para manutenção do que outras raças.

A partir da análise dos dados, foram estimadas as exigências de energia líquida, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais para manutenção dos animais através dos métodos direto e indireto, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Exigência de energia líquida (ELm), energia metabolizável (EMm) e nutrientes digestíveis totais (NDT) para manutenção de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto

PC (Kg)	ELm (Mcal/dia)	EMm (Mcal/dia)	NDT (Kg)
Método Direto			
200	2,03	2,58	0,71
250	2,40	3,05	0,84
300	2,76	3,49	0,97
350	3,09	3,92	1,08
400	3,42	4,34	1,20
Método Indireto			
200	2,31	2,69	0,74
250	2,73	3,18	0,88
300	3,13	3,65	1,01
350	3,51	4,10	1,13
400	3,88	4,53	1,25

Os modelos desenvolvidos nesse trabalho estimaram valores de exigências dietéticas menores do que os encontrados por Valadares Filho et al. (2010). Nota-se que à medida que aumenta o peso corporal e a taxa de crescimento, independente de que forma as exigências de energia estão sendo expressas, maior foi os requerimentos

energéticos. Esse comportamento pode ser justificado de forma que o aumento da taxa de crescimento resulta na elevação com que o tecido adiposo é depositado no animal, sendo assim, ele necessita de uma maior quantidade de energia.

As exigências energéticas de manutenção estão em função do peso corporal. A manutenção do corpo do animal representa grande parte da energia alimentar requerida por isso, à medida que o peso corporal do animal aumenta, as exigências de manutenção também aumentam. Pois, primeiramente o animal supre suas exigências de manutenção para depois depositar no ganho.

A partir dos resultados encontrados nesse trabalho estimaram-se as exigências energéticas para novilhos Sindi, com diferentes pesos corporais e ganhos médios diários (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8. Exigências totais (manutenção + ganho) de energia líquida, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método direto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)				
	200	250	300	350	400
Energia Líquida (Mcal/dia)					
0,50	3,82	4,52	5,18	5,81	6,43
0,75	4,11	4,86	5,57	6,26	6,92
1,00	4,35	5,14	5,89	6,62	7,31
1,25	4,55	5,38	6,17	6,92	7,65
Energia Metabolizável (Mcal/dia)					
0,50	6,52	7,71	8,83	9,92	10,96
0,75	7,16	8,47	9,71	10,90	12,04
1,00	7,68	9,08	10,41	11,69	12,92
1,25	8,12	9,60	11,01	12,36	13,66
Nutrientes Digestíveis Totais (Kg/dia)					
0,50	1,80	2,13	2,44	2,74	3,03
0,75	1,98	2,34	2,68	3,01	3,33
1,00	2,12	2,51	2,88	3,23	3,57
1,25	2,25	2,66	3,05	3,42	3,78

Tabela 9. Exigências totais (manutenção + ganho) de energia líquida, energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método indireto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)				
	200	250	300	350	400
Energia Líquida (Mcal/dia)					
0,50	3,89	4,60	5,28	5,92	6,55
0,75	4,32	5,11	5,86	6,58	7,27
1,00	4,70	5,56	6,37	7,15	7,90
1,25	5,04	5,96	6,83	7,67	8,47
Energia Metabolizável (Mcal/dia)					
0,50	6,36	7,52	8,62	9,68	10,69
0,75	7,36	8,70	9,97	11,19	12,37
1,00	8,22	9,72	11,15	12,51	13,83
1,25	9,01	10,65	12,21	13,70	15,15
Nutrientes Digestíveis Totais (Kg/dia)					
0,50	1,76	2,08	2,38	2,68	2,96
0,75	2,03	2,41	2,76	3,10	3,42
1,00	2,27	2,69	3,08	3,46	3,83
1,25	2,49	2,95	3,38	3,79	4,19

A partir da determinação das exigências nutricionais energéticas de novilhos da raça Sindi, construiu-se um resumo das equações geradas neste trabalho para ambos os métodos (direto e indireto) que podem ser observados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método direto

Item	Equação	Unidade
PCVZ	$0,900 \times \text{PCJ}$	Kg
GPCVZ	$0,865 \times \text{GMD}$	kg/dia
EL_m	41,38	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
EM_m	52,46	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
k_m	78,88	%
EL_g	$\text{El}_g = 0,0490 \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,3730}$	Mcal/dia
k_g	45,37	%
EM_g	EL_g/k_g	Mcal/dia
EM_{total}	$\text{EM}_m + \text{EM}_g$	Mcal/dia
ED	$\text{EM} \times 0,82$	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
NDT	$\text{ED} \times 4,409$	kg/dia

Tabela 11. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de energia para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método indireto

Item	Equação	Unidade
PCVZ	$0,900 \times \text{PCJ}$	Kg
GPCVZ	$0,865 \times \text{GMD}$	kg/dia
EL_m	46,94	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
EM_m	54,77	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
k_m	85,69	%
EL_g	$\text{El}_g = 0,0544 \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,5932}$	Mcal/dia
k_g	46,27	%
EM_g	EL_g/k_g	Mcal/dia
EM_{total}	$\text{EM}_m + \text{EM}_g$	Mcal/dia
ED	$\text{EM} \times 0,82$	Kcal/PCVZ ^{0,75} /dia
NDT	$\text{ED} \times 4,409$	kg/dia

CONCLUSÕES

O método indireto superestimou as exigências de energia para novilhos da raça Sindi, dessa forma, recomenda-se a utilização do método direto.

O modelo logaritmo foi o que mais se adequou a essa pesquisa para estimar as exigências de energia para manutenção.

Recomenda-se o uso da equação $ER = 0,0490 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,3730}$, para predizer os requerimentos líquidos de energia para ganho de peso de novilhos da raça Sindi.

As exigências estimadas de energia líquida para manutenção de novilhos da raça Sindi foi de 41,38 kcal/PCVZ^{0,75}/dia e a energia metabolizável para manutenção de 52,46 kcal/PCVZ^{0,75}/dia.

As eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção de novilhos da raça Sindi são de 45,37 e 78,88% respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 179p.
- BACKES, A.A. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhos Santa Gertrudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.2307-2313, 2002.
- BALDWIN, R.L. **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman and Hall, 1995. 592p.
- BERCHIELLI, T.T.; RODRIGUEZ, N.M.; OSÓRIO NETO, E. et al. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.
- BERG, R. T.; Butterfield, R. M. **New concepts of Cattle growth**. 1th. ed. Sydney: Sydney University Press, 1976, p.235.
- CÂNDIDO, E. P. **Efeito da restrição alimentar em novilhas Sindi e Guzerá**. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 2009. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2009.
- CATON, J.S.; BAUER, M.L.; HIDDARI, H. Metabolic components of energy 603 expenditure in growing beef cattle – review. **Ausian-Australasian Journal of 604 Animal Science**, v. 13, n. 5, p. 702-710, 2000.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALDARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore Cattle. **Journal of Animal Science**. v.86, n.7, p.1588-1597, 2008.
- CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHMIDT, T. B. et al. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and

ruminal fermentation by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3383–3390, 2007.

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

COSTA, P. B.; QUEIROZ, A. C.; RODRIGUES, M. T. et al. Desempenho de novilhas leiteiras sob manejo para crescimento compensatório recebendo suplementação com ionóforo. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.2, p.461-470, 2007.

DAWSON, L.E.R.; STEEN, R.W.J. Estimation of maintenance energy requirements of beef cattle and sheep. **Journal of Agriculture Science**. v.131, p.477-485, 1998.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. INCT – Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco, 2012, p.214.

FERRELL, C. L., GARRETT, W. N., HINMAN, N. et al.1976. Energy utilization by pregnant heifers. **Journal of Animal Science**, 42(4):937-950

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

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese Sires. **Journal of Animal Science**, v.76, 621 p.637-646, 1998.

FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E.; et al. Composição corporal e exigências de energia para manutenção de bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não-castrados, em confinamento. **Arq. ciên. Vet. Zool. UNIPAR**, 3(1): jan./jul., 2000.

FULLER, W.A. **Measurement error models**. John Wiley and Sons, New York. 1987.

- FURTADO, D.A.; PEIXOTO, A.P.; REGIS, J.E.F. et al. Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **Revista Brasileira Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.9, p.1022–1028, 2012.
- GALYEAN, M.L.; WAGNER, D.G.; OWENS, F.N. Level of feed intake and site extent of digestion of high concentrate diets by steers. **Journal of Animal Science**, v.49, p.199-203, 1979
- GARRETT, W.N.; HINNAM, N. Re-evaluation of the relationships between carcass density and body composition of beef steers. **Journal of Animal Science.**, v.28, n.1, p.1-5, 1969.
- GESUALDI JÚNIOR, A.; QUEIROZ, A. C.; RESENDE, F. D. et al. Características de carcaça de bovinos Nelore e Caracu selecionados para peso aos 378 dias de idade recebendo alimentação restrita ou à vontade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.131-138, 2006.
- GOULART, R.S.; ALENCAR, M.M.; POTT, E.B.; et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.926-935, 2008.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcass and cuts. Washington, D.C. (**Technical Bulletin** - USDA, 926). 1946.
- HICKS, R. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R. et al. Effects of Controlled Feed Intake on Performance and Carcass Characteristics of Feedlot Steers and Heifers. **Journal of Animal Science**, v.68, p.233-244, 1990.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des bovines, ovins, et caprins**. Paris: INRA, 1988. 147p.
- TRAJANO, J.S. **Avaliação da restrição alimentar em bovinos da raça sindi em crescimento**. Universidade Federal da Paraíba, 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2014, 83 p.

- LANA, R.P. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de 5 grupos raciais, em confinamento.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 134p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- LANNA, D.P. Fatores condicionantes e predisponentes da puberdade e da idade de abate. In: Peixoto, A.M., Moura, J.C., Faria, V.P. (coord.). **Produção do Novilho de Corte.** FEALQ, Piracicaba, 1997, p. 41-78.
- LOFGREEN, G.P.; GARRET, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina.** 1. Ed. São Paulo: R. Vieira Gráfica & Editora Ltda, 2000. 134p.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M. et al. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1313-1324, 2011.
- MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte.** In: Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-CORTE. 2ª ed. Viçosa: Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Paulino, P.V.R. 2010. p. 85-1. 2010b.
- MORAES, E.H.B.K. et al. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.5, p.933-940, 2009.
- MURPHY, T. A.; LOERCH, S. C. Effects of Restricted Feeding of Growing Steers on Performance, Carcass Characteristics, and Composition. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2497-2507, 1994.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL – NRC. **Nutrient requirement of beef cattle.** 6.ed. Washington: D.C.: National Academy Press, 1984. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of beef cattle.** 7th.ed. Washington, DC, 1996. 243p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7.ed. Washington: D.C.: National Academy Press, 2001. 363p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- NETO, S. G.; BEZERRA, L. R.; MEDEIROS, A. N.; FERREIRA, M. A.; PIMENTA FILHO, E. C.; CÂNDIDO, E. P.; OLIVEIRA, R. L. Feed Restriction and Compensatory Growth in Guzará Females. **Asian-Aust. Journal Animal Science**, v.24, p.791-799, 2011.
- OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F.; BRANCO, A. F.; OSMARI, M. P. Desafios e Tecnologias na Alimentação de Gado de Corte. In: **Bovinocultura de Corte Desafios e Tecnologia**. 2ª edição. Salvador: EDUFBA, 2014. Cap. 10, p. 271-285.
- PARRILI, M.; MATSUHARA, S. A.; ARRIGONI, M. B. et al. Características produtivas de novilhas submetidas à restrição alimentar e dieta suplementada com vitaminas D e E. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.920-927, 2011.
- PAULINO, M.F. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos de quatro raças zebuínas em confinamento**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 80p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.621-626, 1999.
- PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Exigências Nutricionais de Zebuínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 661 781-791, 2004.
- PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

- PIRES, C.C. **Exigências de proteína, energia e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.1-17, 1996.
- SANZ SAMPELAYO, M. R.; ALLEGRETTI, L.; GIL EXTREMERA, F. Growth, body composition and energy utilization in pre-ruminant goat kids. Effect of dry matter concentration in the milk replacer and animal age. **Small Ruminant Research**, v.49, n.1, p.61-67, 2003.
- SAS – Institute SAS/STAT software. **Statistical Analysis System Institute**, Cary, 641 2000. CD-ROOM.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 644 3 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002, 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrates and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOLIS, J.C. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.764-773, 1987.
- SOUSA, J.E.L. **Confinamento de animais das raças Guzerá e Sindi em duas fases de crescimento**. Universidade Federal da Paraíba, 2008. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, 2008, 74 p.
- SOUZA, E.J.O. **Exigências nutricionais e desempenho de fêmeas Nelore, F1 Nelore x Angus e F1 Nelore x Simental**. Recife. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010, 109 p.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G. et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.6, p.1671-1682, 2002

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P. V. R. 2010. **Nutrient requeriments of zebu cattle BR-CORTE**. 2. ed. UFV, Viçosa, p.185.

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

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBZ: Universidade Federal de Goiás, 2005, p.261-287.

CAPÍTULO III

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEÍNA PARA NOVILHOS DA RAÇA SINDI

RESUMO

Objetivou-se determinar a composição corporal, as exigências protéicas bem como avaliar a eficiência de deposição de proteína e da utilização da proteína metabolizável para manutenção e ganho de peso de novilhos da raça Sindi. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi empregada a técnica de abate comparativo utilizando 40 machos não-castrados com idade média de $21 \pm 1,5$ meses e peso corporal médio inicial de $296,65 \pm 21,33$ kg distribuídos em quatro níveis de restrição alimentar (0, 15, 30 e 45%), num delineamento inteiramente casualizado. Dos 40 animais, 8 foram abatidos no início do experimento, constituindo o grupo referência. Os 32 animais remanescentes foram confinados por 74 dias, e logo após, todos foram abatidos sendo 8 animais de cada vez para determinação da composição corporal mediante análise química dos tecidos e do peso de corpo vazio (PCVZ). Foram avaliados dois métodos (Direto e Indireto) para determinação das exigências líquidas e metabolizáveis, de proteína para manutenção (PLm, PMm); e também para ganho (PR). Recomenda-se o uso da equação conjunta $PR = 183,172 + 112,668 \times GPCVZ - 26,818 \times ER$ para predizer as exigências líquidas de proteína para ganho de peso de novilhos Sindi. A exigência de proteína líquida para manutenção de novilhos Sindi é de $1,23 \text{ g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ e a de proteína metabolizável para manutenção é de $3,24 \text{ g/PV}^{0,75}/\text{dia}$. A eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho de novilhos da raça Sindi é de 45,96%.

Palavras-chave: conteúdo corporal, eficiência, proteína metabolizável, manutenção, zebuínos

NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF PROTEIN IN SINDI STEERS

ABSTRACT

The objective was to determine body composition, protein requirements and to evaluate the efficiency of protein deposition and utilization of metabolizable protein for maintenance and weight gain of male Sindhi in growing. The experiment was conducted at the Federal University of Viçosa (UFV), we used the comparative slaughter technique using 40 non-castrated males with a mean age of 21 ± 1.5 months and average body weight of 296.65 ± 21.33 kg and four food restriction levels was performed (0, 15, 30 and 45%) in a completely randomized design. Of the 40 animals, 8 were slaughtered at the beginning of the experiment, constituting the reference group. The 32 remaining animals were confined for 74 days, soon after all animals were slaughtered being 8 at a time to determine the body composition by chemical analysis of tissues and empty body weight (EBW). We evaluated two methods (Direct and Indirect) for determination of net and metabolizable requirements of protein for maintenance (NPm MPm); and to gain (RP). It is recommended the use of joint equation $RP = 183.172 + 112.668 * ADG - 26,818 ER$ to predict the net protein requirements for weight gain of Sindi steers. The demand for liquid protein for maintenance of Sindi steers is $1.23 \text{ g/EBW}^{0.75}/\text{day}$ and the metabolizable protein for maintenance is $3.24 \text{ g/EBW}^{0.75}/\text{day}$. The use efficiency of metabolizable protein to gain Sindi steers is 45.96%.

Keywords: body content, efficiency, maintenance, metabolizable protein, zebu

INTRODUÇÃO

A proteína é um dos nutrientes essenciais para os seres vivos, estando envolvida em funções vitais para os animais (Marcondes et al., 2010a). Portanto, garantir o adequado suprimento proteico aos animais significa provê-los de um nutriente essencial para manutenção da sua homeostase, propiciando a produção de carne de forma eficiente. Os ruminantes apresentam peculiaridades em sua nutrição proteica, porém, suas demandas em proteína são atendidas através de aminoácidos absorvidos no intestino delgado, apesar de grande parte da proteína absorvível (50 a 80%) ser advinda da proteína microbiana sintetizada no rúmen (Bach et al., 2005).

As proteínas corporais são constantes e simultaneamente estão sendo sintetizadas e degradadas pelo processo conhecido como *turnover* proteico. O constante *turnover* de proteínas fornece o pool de aminoácidos que estão em constante equilíbrio com o mecanismo de síntese proteica (Cabral et al., 2012). Quanto maior a taxa de crescimento de um animal, maior a taxa de *turnover* proteico e maior, portanto a taxa de degradação proteica, o que torna a carne mais macia.

Diante de inúmeras pesquisas, sabe-se que com o aumento do peso do corpo vazio, a concentração de proteína diminui. A concentração de proteína decresce, devido à elevação da concentração de gordura depositada por quilograma de peso vivo. A maturidade do animal é refletida por aumento na proporção de gordura, acompanhado de decréscimos na proporção de proteína do corpo. Esse fato acontece com bovinos em período de engorda, à medida que ocorre aumento do seu peso, eleva-se a concentração de gordura e decresce a de proteína.

Atualmente, as exigências de proteína são calculadas em termos de proteína metabolizável (NRC, 1996). Segundo Valadares Filho (1997), a proteína que chega ao intestino delgado consiste da fração microbiana, fração dietética não degradada no rúmen e proteína endógena.

A demanda de proteína para manutenção de um bovino é igual às perdas metabólicas fecais, urinárias e perdas por descamação. A quantificação dessas perdas consiste num processo relativamente difícil, principalmente em relação às perdas metabólicas fecais, uma vez que é necessário separar as perdas microbianas nas fezes das verdadeiras perdas metabólicas fecais (Paulino et al., 2004).

Com relação à exigência líquida de proteína para manutenção, parece não existir uma metodologia padrão entre os diferentes sistemas nutricionais para sua determinação. Conforme Vêras et al. (2000), as exigências de proteína para manutenção de um animal em determinado peso vivo diferem substancialmente entre os sistemas correntes de exigências nutricionais.

Nos sistemas britânicos (ARC, 1980 e AFRC, 1993), a exigência de proteína metabolizável (PM), é resultante do somatório das demandas de manutenção e produção, sendo considerada a parte da demanda para manutenção as perdas derivadas da descamação da pele e do crescimento de lã e pelos.

O sistema de PM apresentado no NRC (2000), permite formular dietas para bovinos confinados com maior precisão, evitando excesso de proteína na dieta (Erickson & Klopfenstein, 2010). Este sistema separa as exigências de proteína em proteína degradável no rúmen (PDR), necessária para os microrganismos, e PM, necessária para o animal. A PM representa toda a proteína digerida e absorvida no intestino delgado, proveniente da soma da proteína endógena oriunda do rúmen, retículo, omaso e abomaso, da proteína microbiana e da proteína dietética não degradada no rúmen (NRC, 2000). Entretanto, o que se torna um grande desafio é associar as duas exigências (dos microrganismos e do animal), tendo em vista que, a exigência muda de acordo com o crescimento animal.

A partir do momento em que a PM passa a ser utilizada pelo animal para produção (ganho de peso, produção de leite), recebe a denominação de exigência líquida de proteína ou proteína retida (PR) (Valadares Filho et al., 2006).

Contudo, é possível estimar corretamente as exigências proteicas a partir das determinações da proteína, conseguindo formular adequadamente dietas com máximo aproveitamento pelos ruminantes, reduzindo as perdas de compostos nitrogenados e o impacto negativo da liberação desses compostos para o ambiente, obtendo dessa forma, melhor desempenho animal com consequente aumento na produção e um menor custeio com alimentação. Dessa forma, objetivou-se com a realização dessa pesquisa, determinar as exigências protéicas de bovinos da raça Sindi em crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (DZO-UFV), em Minas Gerais, localizada na região da Zona da Mata, com um clima tropical de altitude, verão chuvoso e temperatura média anual de 19°C podendo atingir uma temperatura máxima de 30°C. No inverno o ar é seco apresentando baixa umidade relativa e temperatura mínima de 10°C. O período experimental foi de fevereiro a abril de 2013, com duração de 88 dias, sendo 14 dias de adaptação à dieta e as instalações e 74 dias de confinamento. Durante o período de adaptação os animais consumiram a dieta formulada à vontade. Após esse período foram submetidos a um jejum sólido de 16 horas, e pesados novamente para início do experimento.

Foram utilizados 40 bovinos inteiros da raça Sindi, adquiridos da mesma propriedade com idade média de $21 \pm 1,5$ meses e peso corporal médio de $296,65 \pm 21,33$ Kg. No início do experimento os animais foram pesados, identificados com brincos, e tratados contra ecto e endoparasitas, em seguida foram distribuídos em baias individuais, com dimensões de 1,8 m de largura por 18,8 m de comprimento, totalizando uma área de $33,8 \text{ m}^2$. Todas as baias eram revestidas com piso de concreto e cobertas com telhas de amianto e cada baia apresentava comedouro coberto (2,5 m) e bebedouros individuais de concreto.

Os animais foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram definidos em função do nível de restrição da ingestão de matéria seca (MS) da dieta experimental, sendo 0, 15, 30 e 45%. O consumo de MS foi regulado a cada três dias para os animais com 0% de restrição, e então aplicada os níveis de restrição para os demais tratamentos. Para determinação do ganho de peso, os animais foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas e pesados a cada 14 dias. O consumo e as sobras foram registradas diariamente, sendo reguladas para permitirem sobras entre 5 e 10% do total da MS fornecida ao tratamento à vontade (0% de restrição). Dos 40 animais, 8 foram utilizados como grupo referência (dois animais de cada tratamento), sendo abatidos no início do experimento para estimar a composição corporal e o peso do corpo vazio (PCVZ) iniciais dos animais remanescentes.

A dieta foi formulada segundo o BR-CORTE (Valadares Filho et al. 2010), estimando-se um ganho de peso médio diário de 1,2 kg para os animais alimentados à vontade, com uma relação de volumoso: concentrado fixa de 40:60 durante todo o período experimental. Para a formulação, tomaram-se como base as exigências nutricionais de bovinos da raça Nelore, em decorrência da ausência de tabelas específicas para a raça Sindi. Foi utilizada como fonte volumosa a silagem de milho, e o concentrado foi formulado a partir de farelo de soja, fubá de milho, farelo de trigo, mistura mineral comercial e mistura de ureia e sulfato de amônio (9:1). O fornecimento da dieta foi realizado duas vezes ao dia, 60% da oferta pela manhã às 6:30 h e 40% da oferta a tarde às 14:30 h na forma de ração completa. A água foi fornecida à vontade para todos os animais do experimento.

As amostras da silagem de milho e das sobras foram coletadas diariamente, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer. Semanalmente essas amostras foram descongeladas e homogeneizadas e uma subamostra, representativa da semana, foi retirada, pesada e levada para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, depois pesadas e moídas em moinho com peneira de 1 mm. Após quatro semanas consecutivas as amostras previamente moídas, foram agrupadas compondo uma única amostra composta, e depois armazenadas. Enquanto que os ingredientes do concentrado foram amostrados a cada batida e posteriormente analisados.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do CCA/UFPB. As amostras de silagem de milho, ingredientes do concentrado, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), segundo método INCT-CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, proteína bruta (PB) segundo método INCT-CA N-001/1, multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25, extrato etéreo (EE) segundo método INCT-CA G-004/1. Para a avaliação da fibra em detergente neutro (FDN), segundo método INCT-CA F-001/1, utilizou-se o sistema ANKOM com saquinho de TNT (100 g/m²) cujas dimensões (5,0 x 5,0 cm de porosidade de 100 µm). Nas amostras de alimentos, silagem, fezes e sobras utilizou-se a alpha-amilase estável ao calor. As amostras de FDN foram corrigidas para proteína e cinzas, respectivamente, segundo método INCT-CA N-004/1 e INCT-CA M-002/1, descritos por Detmann et al. (2012). A participação e composição química dos ingredientes utilizados na

formulação da dieta experimental, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Participação dos ingredientes na dieta experimental com base na matéria seca

Ingredientes	Proporção (g/kg MS)
Silagem de Milho	400,0
Fubá de Milho	360,0
Farelo de soja	60,0
Farelo de Trigo	150,0
Ureia (SA)	10,0
Mistura Mineral ¹	20,0

¹Mistura Mineral: cálcio mín.120 g/kg, máx. 160 g/kg; cobalto mín. 45 mg/kg; cobre mín. 760 mg/kg; enxofre mín. 10 g/kg; flúor máx. 618,5 mg/kg; fósforo mín. 40 g/kg; iodo mín. 60 mg/kg; magnésio mín. 5 g/kg; manganês mín. 807 mg/kg; selênio mín. 15 mg/kg; sódio mín. 136 g/kg e zinco mín. 2.280 mg/kg.

Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados na dieta experimental, expressos com base na matéria seca

Itens	Dieta	Silagem de milho	Fubá de milho	Farelo de soja	Farelo de Trigo	Ureia SA¹(9:1)
g/Kg						
MS	458,1	266,1	881,8	880,4	868,2	999,0
MO	932,2	949,7	988,8	938,8	949,3	-
MM	37,8	56,3	11,2	61,2	50,7	-
PB	146,2	66,2	92,3	535,4	190,7	2.600,0
EE	37,4	33,7	47,7	19,7	36,9	-
FDN	380,2	637,8	125,8	186,8	457,2	
FDN _{cp}	340,2	574,1	103,4	117,9	441,8	-
CHOT	774,6	843,8	848,8	383,7	721,6	
CNF	609,8	269,9	745,5	266,04	280,14	-
FDNi	127,9	186,0	24,2	21,1	151,0	
NDT ²	691,3	64,67	79,76	80,56	64,74	-
ED	3,19	2,85	3,52	3,55	2,85	
EM	2,78	2,43	3,10	3,14	2,43	-
Na	3,25	0,58	0,58	0,45	0,35	
K	13,21	19,37	3,90	29,05	15,43	-

Mg	2,06	2,28	0,89	0,89	4,51
----	------	------	------	------	------

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigido para proteína bruta e cinzas; CNF = carboidratos não fibrosos; ¹SA: Sulfato de Amônia 9:1; ²NDT= nutrientes digestíveis totais estimados pelo BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2010); ED = energia digestível (Mcal/Kg); EM = energia metabolizável (Mcal/Kg).

Os valores de NDT tabelados dos ingredientes da dieta foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times \text{NDT (\%)};$$

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01 \times ED - 0,45$$

onde: ED = energia digestível, EM = energia metabolizável, %NDT = percentual de nutrientes digestíveis totais.

No cálculo dos carboidratos totais (CHOT) utilizou-se a equação proposta por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CHOT} = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM).$$

Os carboidratos não fibrosos (CNF) dos ingredientes e da dieta foram calculados pelas equações propostas por Detman et al. (2012), onde:

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

$\text{CNF (\%)} = 100 - \%MM - \%EE - \%FDN_{cp} - (\%PB - \%PB \text{ derivada da ureia} + \%ureia)$, respectivamente, em que: CNF = carboidratos não fibrosos; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigido para proteína e cinzas.

O consumo de matéria seca (CMS) e dos diferentes nutrientes foi calculado mediante a diferença entre as quantidades oferecidas e encontradas nas sobras. A quantificação do consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foram estimadas pela equação do NRC (2001), em que:

$$\text{CNDT (kg)} = (\text{PB digestível}) + (2,25 \times \text{EE digestível}) + (\text{CNF digestível}) + (\text{FDN digestível})$$

onde: PB digestível = (PB ingerida – PB fezes), EE digestível = (EE ingerido – EE fezes), CNF digestível = (CNF ingerido – CNF fezes); FDN digestível = (FDN ingerida – FDN fezes). Enquanto que para a estimativa dos valores em percentual de nutrientes digestíveis totais, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{NDT (\%)} = (\text{CNDT/CMS}) \times 100.$$

Transcorridos 74 dias de confinamento todos os animais foram abatidos com idade média de $24 \pm 1,7$ meses, sendo 8 animais abatidos por vez (dois animais de cada tratamento), escolhidos aleatoriamente. Antes do abate todos os animais foram pesados, após 16 horas de jejum de sólidos, para obtenção do peso ao abate que foi em média $359,91 \pm 25,88$ Kg correspondendo ao peso final dos animais do experimento, e em seguida foram abatidos.

O abate foi realizado de acordo com as normas recomendadas pelo comitê de ética para abate de bovinos, sendo os animais insensibilizados pelo método da concussão cerebral, com pistola de dardo cativo, seguido por sangria total pela secção da veia jugular. Em seguida, os animais tiveram seus tratos gastrintestinais (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso) esvaziados, limpos e pesados. Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas (esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ).

A relação obtida entre o PCVZ e o peso corporal (PC) dos animais referência foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais remanescentes. Durante a sangria foi feita a colheita de uma amostra de sangue que foi pesada e colocada em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas, para determinação do teor de (MS), sendo, a seguir, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para posteriores análises de matéria seca (MS) segundo método INCT–CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT–CA M-001/1, nitrogênio total e extrato etéreo (EE) segundo método INCT–CA, conforme descritos por Detmann et al. (2012), e proteína bruta (PB) sendo o teor de proteína obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995).

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias carcaças, utilizando-se uma serra elétrica, logo após, foram identificadas e pesadas individualmente constituindo, então, o peso de carcaça quente, logo após, foram resfriadas a 4°C por 24 horas. Decorrido este tempo, as meias-carcaças foram retiradas da câmara fria e pesadas, constituindo o peso de carcaça fria.

Dos 32 animais abatidos, em 16 animais foram utilizadas as meias-carcaças direitas que foram dissecadas em ossos, gordura e músculo, sendo moídos e posteriormente feita uma amostra para determinação dos teores de proteína e gordura (método direto).

O rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, carne industrial e aparas, foram triturados em um *cutter* industrial por 20 minutos para retirada de uma amostra homogênea de órgãos e vísceras.

As amostras de sangue, órgãos mais vísceras, de músculos mais gordura da ½ carcaça direita, as de couro e de osso foram levadas para o liofilizador durante 48 a 72 horas, para determinação da matéria seca gordurosa (MSG) segundo método INCT-CA G-002/1 (Detmann et al., 2012). Em seguida, foram submetidas a um processo de extração de gordura com éter de petróleo, obtendo-se a matéria seca pré-desengordurada (MSPD) que, posteriormente, foi processada em moinho para determinação dos teores de matéria seca (MS) segundo método INCT-CA G-003/1, matéria mineral (MM) segundo método INCT-CA M-001/1, nitrogênio total e extrato etéreo (EE) segundo método INCT-CA, conforme descritos por Detmann et al. (2012), e proteína bruta (PB) sendo o teor de proteína obtido pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 5,88, conforme sugerido por Baldwin (1995).

Nos outros 16 animais, foram utilizadas as meias-carcaças esquerdas e foi aplicado o corte da seção entre a 9ª-10ª-11ª costelas (seção HH – método indireto), sendo que músculo e gordura foram moídos juntos e posteriormente foi feita uma amostra composta proporcional à presença na carcaça de cada um desses tecidos, e os ossos foram moídos separadamente, para posteriores análises laboratoriais. Para realização do corte da seção HH com uma régua mediu-se a distância entre o primeiro e último ponto ósseo da costela (distância de A a B) obtendo-se 61,5% dessa distância (ponto C). O corte da seção HH foi feito no ponto D, que é definido pelo ponto em que

uma reta perpendicular à régua (esquadro) passa pelo ponto C, segundo metodologia de Hankins & Howe (1946), como demonstrado na figura 1:

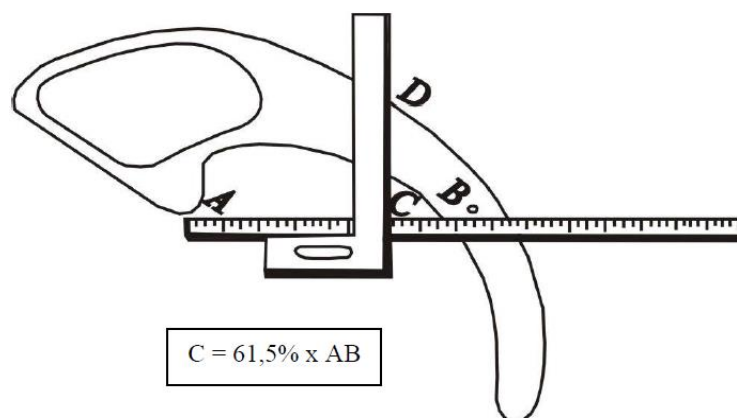


Figura 1. Vista de seção da 9ª-10ª-11ª costelas (método de corte da seção HH) através de um corte perpendicular à coluna dorsal na altura da 12ª costela (Hankins & Howe, 1946).

Foram realizados ensaios de digestibilidade em dois momentos, no 22º e 44º dias, com os 32 animais remanescentes do experimento. As coletas foram realizadas durante três dias consecutivos, onde as fezes de cada animal foram coletadas imediatamente após a defecação espontânea ou diretamente no piso das baias e também por coleta diretamente na ampola retal. As coletas foram realizadas em três horários distintos, o 1º dia de coleta foi feito entre 7:00 e 8:00 h da manhã, o 2º dia entre 12:00 e 13:00 h da tarde e o 3º dia entre 16:00 e 17:00 h da tarde simulando um período de 12 horas de coleta. Após as coletas, as fezes foram devidamente identificadas, pesadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55C por cerca de 72 horas. E moídas em moinho com peneira de 1 mm para análise da composição química, sendo utilizadas depois nos cálculos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. Durante esse período também foram coletadas amostras das sobras por animal, ingredientes do concentrado e da silagem de milho para posteriores análises.

O conteúdo de proteína no corpo dos animais de cada tratamento, e para todos os tratamentos em conjunto, foi estimado por meio de equações não lineares dos conteúdos de proteína dos animais em desempenho e referência, em função do PCVZ, conforme o seguinte modelo:

$$PC = \beta_0 \times PCVZ^{\beta_1}$$

onde, PC é o conteúdo de proteína corporal (kg), PCVZ é o peso de corpo vazio e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

A partir dos parâmetros da regressão acima apresentada, os requerimentos líquidos de proteína por quilo de ganho de peso de corpo vazio foram estimados pela derivada da equação acima, segundo o modelo:

$$PLg = \beta_0 \times \beta_1 \times PCVZ^{\beta_1-1} \times 1.000$$

onde, PLg é o requerimento líquido de proteína para ganho (g/GPCVZ) e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

Para cálculo dos requerimentos líquidos de proteína para ganho e qualquer faixa de desempenho foi ajustado um modelo de acordo com a energia retida com aqueles animais em desempenho:

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times GMD - \beta_2 \times ER$$

onde, PR é a proteína retida (g/dia), GMD é o ganho médio diário em jejum (kg/dia) e ER é a energia retida (Mcal/dia) e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão

De forma alternativa, também foram calculadas essas exigências utilizando o ganho de peso de corpo vazio e a concentração de energia no ganho, também utilizando apenas os animais em desempenho:

$$PR = GMD \times [\beta_1 + \beta_2 \times (ER/GMD)]$$

onde, PR é a proteína retida (g/dia), GMD é o ganho médio diário (kg/dia), ER é a energia retida (Mcal/dia) e β_1 e β_2 são parâmetros da regressão.

Para cálculo dos requerimentos de proteína para manutenção, foi adotado primeiramente o modelo sugerido pelo NRC (2000), onde o consumo de proteína metabolizável foi contrastado com o ganho médio diário para os animais em desempenho e manutenção.

$$CP_{\text{met}} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{GMD}$$

onde, CP_{met} é o consumo de proteína metabolizável (g/dia) e GMD é o ganho médio diário (kg/dia) e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

A divisão do intercepto dessa regressão pelo peso metabólico médio dos animais estimou os requerimentos de proteína metabolizável para manutenção ($\beta_0/PC^{0,75}$, g/PC^{0,75}/dia).

De forma alternativa e utilizando o mesmo grupo de animais, a proteína retida foi plotada em função do consumo de proteína metabolizável.

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times CP_{\text{met}}$$

onde, PR é a proteína retida (g/PCVZ^{0,75} /dia) e CP_{met} é o consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75} /dia) e β_0 e β_1 são parâmetros da regressão.

O módulo do β_0 deste modelo representa os requerimentos líquidos de proteína para manutenção e o β_1 a eficiência do uso de proteína metabolizável para ganho.

O coeficientes β_0 e β_1 dos dois últimos modelos apresentados foram estimados pelo método da regressão ortogonal de Fuller (1987), que considera que ambas as variáveis do modelo possuem erros aleatórios associados a elas. Os parâmetros da equação foram obtidos da seguinte forma:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \times \bar{X}$$

$$\beta_1 = (\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + ((\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2)^{0.5})/2\sigma_{xy}$$

onde, X é a média do consumo de energia metabolizável, Y é a média da energia retida, σ_x^2 é a variância de X, σ_y^2 é a variância de Y e σ_{xy} é a covariância entre X e Y.

O somatório da proteína microbiana verdadeira digestível (Pmic) com a proteína não degradável no rúmen digestível (PNDR), foi utilizado para calcular o consumo de proteína metabolizável. A proteína microbiana foi calculada utilizando a média dos tratamentos, considerando uma eficiência de 120 gramas de proteína microbiana por quilo de NDT consumido, sendo considerado que 80% são

aminoácidos e que estes têm 80% de digestibilidade (NRC, 2001). O consumo de PNDR foi obtido pela diferença entre o consumo de proteína bruta e a produção de proteína microbiana, e considerando uma digestibilidade de 80% para proteína microbiana.

Os resultados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão, utilizando-se o PROC GLM do programa estatístico Statistical Analysis Systems (SAS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre peso corporal (PC) e peso de corpo vazio (PCVZ) para estimativa do PCVZ não sofreu efeito ($P>0,05$) do nível de restrição alimentar. Assim, o PCVZ, a partir do PC dos animais do presente estudo foi estimado da seguinte forma:

$$\text{PCVZ (kg)} = 0,900 \times \text{PCj (kg)}$$

Onde PCj é o peso corporal em jejum.

A relação entre o PCVZ e o PCj é de 0,900 neste estudo, e está coerente com os valores de 0,85 a 0,95, encontrados na literatura consultada (NRC, 2000; Backes et al., 2002; Paulino et al., 2004; Valadares et al., 2006 e Chizzotti et al., 2008).

A relação entre o ganho médio diário (GMD) e o ganho de PCVZ (GPCVZ) também não sofreu efeito ($P>0,05$) do nível de restrição alimentar dessa forma, o GPCVZ, a partir do GMD dos animais do presente estudo foi estimado da seguinte forma:

$$\text{GPCVZ (kg/dia)} = 0,865 \times \text{GMD (kg/dia)}.$$

Levando-se em consideração a equação apresentada acima, um ganho médio diário de 1 kg de PCj equivale a 0,865 kg de PCVZ. A relação GMD:GPCVZ encontrada nesse trabalho foi inferior a 0,92 encontrada por Marcondes et al. (2010), trabalhando com grupos genéticos Nelore, Nelore x Angus e Nelore x Simental.

As equações que descrevem o conteúdo de proteína corporal foram:

$$\text{Método Direto: Proteína Corporal (kg)} = 0,2024 \times \text{PCVZ}^{0,9748} \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{Método Indireto: Proteína Corporal (kg)} = 0,2900 \times \text{PCVZ}^{0,9170} \quad (\text{eq. 2})$$

O crescimento do conteúdo de proteína corporal em função do aumento do peso corporal para os dois métodos avaliados obtido pela aplicação das equações apresentadas anteriormente, pode ser visualizado na Figura 2.

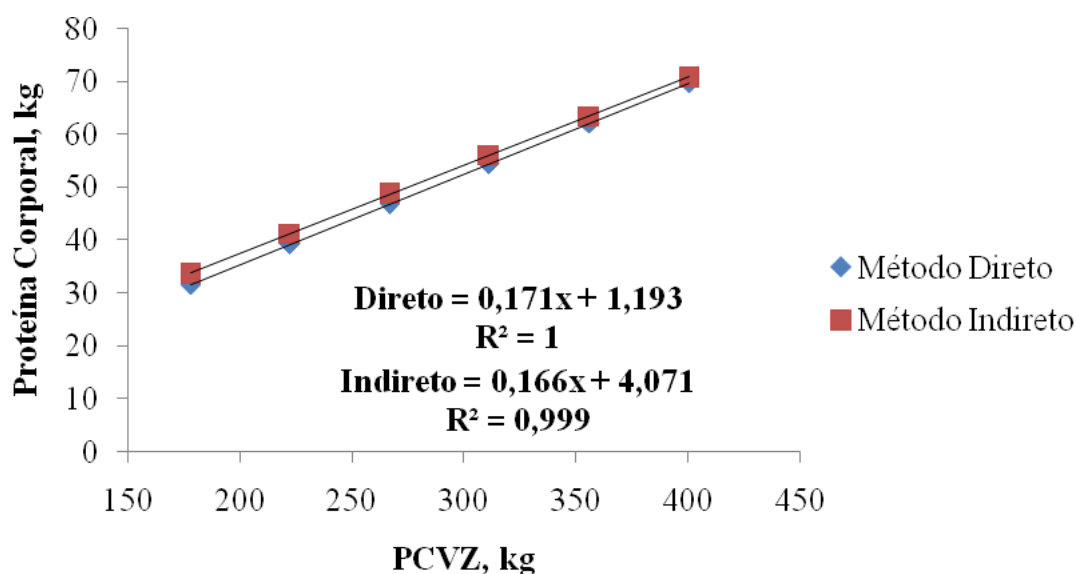


Figura 2. Conteúdo de proteína no corpo vazio em função de diferentes pesos de corpo vazio (PCVZ) para novilhos Sindi utilizando os métodos direto e indireto avaliados

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os métodos avaliados por isso foram geradas duas equações (eq.1 e 2).

O modelo apresentado acima representa bem o comportamento biológico dos animais. Uma vez que, o conteúdo total de proteína aumenta à medida que o peso corporal se eleva (ARC, 1980; Owens et al., 1993). Por outro lado, em termos de concentração, ou seja, g/kg de PCVZ, o conteúdo corporal de proteína diminui com o avanço da idade, o que evidencia redução nas exigências líquidas de proteína para ganho com o aumento de peso corporal.

Através das equações de proteína retida (eq. 3 e 4), foram estimadas as exigências líquidas de proteína para ganho de PCVZ para ambos os métodos avaliados (direto e indireto). Os dados estão coerentes com o que foi apresentado acima, que ocorre redução nas exigências de proteína à medida em que aumenta o peso corporal dos animais (Tabelas 3 e 4), fato que pode ser justificado devido à queda na taxa de crescimento do animal quando o mesmo se aproxima da maturidade, com conseqüente mudança no metabolismo do animal no sentido de diminuir o fluxo de nutrientes para a deposição de tecido magro e aumentar as reservas corporais (Berg & Butterfield, 1968).

De acordo com Berg & Butterfield (1976) e Owens et al. (1993) o ganho de proteína por quilo de tecido ganho decresce à medida que o peso corporal se eleva, paralelamente ao aumento verificado nas concentrações de gordura indicando a desaceleração do crescimento muscular e desenvolvimento mais rápido do tecido adiposo, concomitantemente com o aumento do peso corporal.

Vale ressaltar que houve diferença significativa ($P>0,05$) nas exigências líquidas de proteínas para ganho entre os métodos avaliados.

Tomando como base as equações para estimar a energia retida, contabilizando uma exigência de proteína metabolizável para manutenção de 3,24 e 3,14 g/kg $PV^{0,75}$ /dia para os métodos direto e indireto respectivamente, e considerando uma eficiência de 45,96 e 38,36% para os métodos direto e indireto respectivamente, obtida pela regressão entre proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia) e o consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia), pode-se calcular os requerimentos de proteína líquida, metabolizável e metabolizável total (manutenção + ganho) para novilhos Sindi com diferentes pesos e taxas de ganho de peso (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Exigência de proteína líquida, metabolizável para ganho (g/kgGPVZ/dia) e metabolizável total (manutenção + ganho) para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método direto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)				
	200	250	300	350	400
Proteína Líquida (g/dia)					
0,50	185,93	177,20	168,89	160,93	153,24
0,75	203,45	193,29	183,63	174,37	165,43
1,00	222,49	211,17	200,42	190,11	180,15
1,25	242,45	230,15	218,47	207,26	196,44
Proteína Metabolizável (g/dia)					
0,50	404,55	385,54	367,47	350,15	333,43
0,75	442,67	420,57	399,55	379,39	359,94
1,00	484,09	459,48	436,07	413,63	391,98
1,25	527,52	500,77	475,34	450,95	427,42
Proteína Metabolizável Total (manutenção + ganho), g/dia					
0,50	572,61	584,22	595,26	605,85	616,07
0,75	610,73	619,24	627,33	635,09	642,58
1,00	652,14	658,15	663,86	669,34	674,62
1,25	695,58	699,45	703,13	706,65	710,06

Tabela 4. Exigência de proteína líquida, metabolizável para ganho (g/kgGPVZ/dia) e metabolizável total (manutenção + ganho) para novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelo método indireto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)				
	200	250	300	350	400
Proteína Líquida (g/dia)					
0,50	148,82	143,55	138,55	133,75	129,12
0,75	159,92	153,23	146,87	140,76	134,87
1,00	172,05	164,11	156,56	149,32	142,34
1,25	184,84	175,78	167,16	158,90	150,93
Proteína Metabolizável (g/dia)					
0,50	387,95	374,23	361,18	348,67	336,61
0,75	416,90	399,45	382,86	366,95	351,60
1,00	448,51	427,82	408,14	389,27	371,06
1,25	481,87	458,24	435,78	414,23	393,45
Proteína Metabolizável Total (manutenção + ganho), g/dia					
0,50	560,26	577,93	594,74	610,85	626,40
0,75	589,22	603,16	616,42	629,13	641,39
1,00	620,83	631,52	641,69	651,44	660,85
1,25	654,18	661,95	669,33	676,41	683,24

Observa-se nas tabelas acima que as exigências de proteína líquida e metabolizável para ganho são reduzidas com o aumento do peso corporal e incrementadas com o aumento dos ganhos médios diários. Esse comportamento é reflexo da queda do desenvolvimento muscular quando os animais se aproximam do peso à maturidade (Moraes, 2006). Porém, os requerimentos de proteína metabolizável total são incrementadas com o aumento do peso corporal, pelo fato das exigências de manutenção aumentarem com o peso do animal.

Trabalhando com Nelore, Nelore x Angus, Nelore x Simental e Nelore x Pardo Suíço, considerando uma faixa de peso de 250 a 550 kg, Freitas et al. (2006) verificaram redução de 10,6% nas exigências de proteína para ganho de peso (g/kgGPVZ/dia).

Gourlat et al. (2008) trabalhando com composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento, encontraram exigências de proteína para ganho de peso de 153, 140, 164 e 142 g/kgGPVZ/dia, respectivamente, para animais Nelore, Nelore x Angus, Nelore x Simental e Nelore x Canchim.

As exigências líquidas de proteína para ganho dependem da composição corporal dos animais, variando com o conteúdo de gordura e matéria seca livre de gordura. Justificando os requerimentos líquidos de proteína para ganho serem maiores para machos do que para fêmeas. De acordo com Berg e Butterfield (1976), machos depositam mais tecido magro do que fêmeas de mesma idade.

A partir dos dados de ganho médio diário em jejum (kg/dia) e energia retida (ER, Mcal/dia) dos animais, foi construído equações para estimar a proteína retida, que reflete diretamente nos requerimentos de proteína para qualquer faixa de crescimento. Assim foram construídas equações para cada método avaliado:

Método Direto: $PR = 183,172 + 112,668 \times GPCVZ - 26,818 \times ER$ (eq. 3)

Método Indireto: $PR = 139,779 + 91,384 \times GPCVZ - 18,206 \times ER$ (eq. 4)

Onde PR é a proteína retida (g/dia), GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia) e ER é a energia retida (Mcal/dia).

Para construção das equações que descrevem a estimativa da proteína retida, descritas acima, adotou-se o método de modelos não-lineares, utilizando-se algoritmo iterativo de Gauss-Newton. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) sobre os coeficientes descritos acima, por isso foram geradas duas equações (eq. 3 e 4) para os métodos direto e indireto, refletindo bem a curva de crescimento do animal, em virtude do coeficiente da ER ser negativo, indicando que o maior valor de ER resulta em decréscimo na proteína retida. Os maiores valores de retenção de energia estão associados a maiores conteúdos de gordura no PCVZ e, conseqüentemente, menor quantidade de proteína (Paulino et al., 2004).

De acordo com o NRC (2000), os requerimentos protéicos para animais em crescimento baseiam-se na composição esperada do ganho de PCVZ, e esta é influenciada diretamente por fatores como sexo e raça. Para um mesmo peso corporal, animais que atingem a maturidade com pesos mais elevados têm maiores exigências de proteína. No entanto, este comportamento não foi verificado neste trabalho, por este motivo foi gerada uma equação comum para os dois métodos avaliados.

A partir dos requisitos de proteína metabolizável, apresentados nas Tabelas 3 e 4, e utilizando-se o protocolo do NRC (2000) para conversão dos requisitos totais de proteína metabolizável em exigência de proteína bruta, foram calculados os requisitos

diários de proteína bruta, proteína degradável no rúmen e proteína não degradável no rúmen (Tabela 5).

Tabela 5. Exigência total (manutenção + ganho) de proteína degradável no rúmen, de proteína não degradável no rúmen e proteína bruta para machos Sindi inteiros em crescimento de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto

Ganho de peso (Kg/dia)	Peso Corporal (Kg)					
	200	250	300	350	400	450
Proteína Degradável no Rúmen (g/dia)						
0,50	143,36	169,48	194,31	218,13	241,10	263,37
1,00	185,66	219,48	251,64	282,48	312,24	341,08
1,50	215,97	255,32	292,73	328,61	363,22	396,77
Proteína Não Degradável no Rúmen (g/dia)						
0,50	539,62	539,64	539,66	539,68	539,69	539,71
1,00	581,29	566,21	551,88	538,14	524,88	512,03
1,50	641,96	615,26	589,88	565,53	542,05	519,28
Proteína Bruta (g/dia)						
0,50	682,98	709,12	733,97	757,80	780,79	803,08
1,00	766,95	785,70	803,53	820,62	837,12	853,11
1,50	857,93	870,58	882,61	894,14	905,27	916,05

Observa-se na Tabela 5 que, à medida que o peso corporal aumentou, menor foi os requerimentos diários de proteína não degradável no rúmen para suprimento das exigências totais de proteína bruta. Nota-se que animais mais leves necessitam de menor quantidade de proteína degradável no rúmen do que animais mais pesados para atender suas exigências nutricionais. Paulino et al. (2004), encontraram resultado semelhante. Dessa forma, segundo Silva et al. (2002), animais mais pesados em fase de terminação podem receber maiores níveis de nitrogênio não protéico sem afetar o desempenho.

Segundo Cooper et al. (2000), a exigência de proteína degradável no rúmen aumenta devido ao gradual aumento no consumo, o que não aconteceu no referido trabalho, tendo em vista que os animais se encontravam em restrição alimentar, ou seja, o consumo diminuiu mas a exigência de proteína degradável no rúmen aumentou. Esse resultado pode ser explicado pelo fato da necessidade de PM ser elevada nessa fase e para atender essa demanda, a proteína oriunda da dieta deve ter escapado da degradação ruminal e tornou-se disponível para o intestino delgado.

Trabalhando com animais Nelore e cruzados Europeu x Zebu, Lana et al. (1992), observou que animais com peso corporal de 300 kg atendem seu requerimento de proteína bruta somente pela proteína degradável no rúmen.

A exigência de proteína não degradável no rúmen diminui devido a dois fatos, o maior suprimento de proteína microbiana e a menor exigência porque a composição do ganho tem aumento no teor de gordura e decréscimo no teor de proteína (Cooper et al., 2000). Isto sugere que o incremento na taxa de crescimento de machos Sindi resulte em maior participação de proteína não degradável no rúmen na dieta. Dessa forma, o fornecimento de dietas com maior teor de proteína não degradável no rúmen inicialmente, pode ter disponibilizado maior quantidade de proteína para absorção no intestino.

De um modo geral, a demanda por proteína bruta variou de 682,98 a 916,05 g/dia (8,01 a 13,52% na MS), resultado próximo dos valores de 9,58 a 14,4% preconizados na literatura (Valadares et al., 2006; Galyean, 1996).

As estimativas das exigências de proteína líquida para manutenção foram obtidas pela regressão da proteína retida ($\text{g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$) em função do consumo de proteína metabolizável ($\text{g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$). Os requerimentos líquidos de proteína para manutenção são representados pelo intercepto do modelo. A inclinação representa a eficiência de conversão de proteína metabolizável em proteína líquida (Figuras 3 e 4).

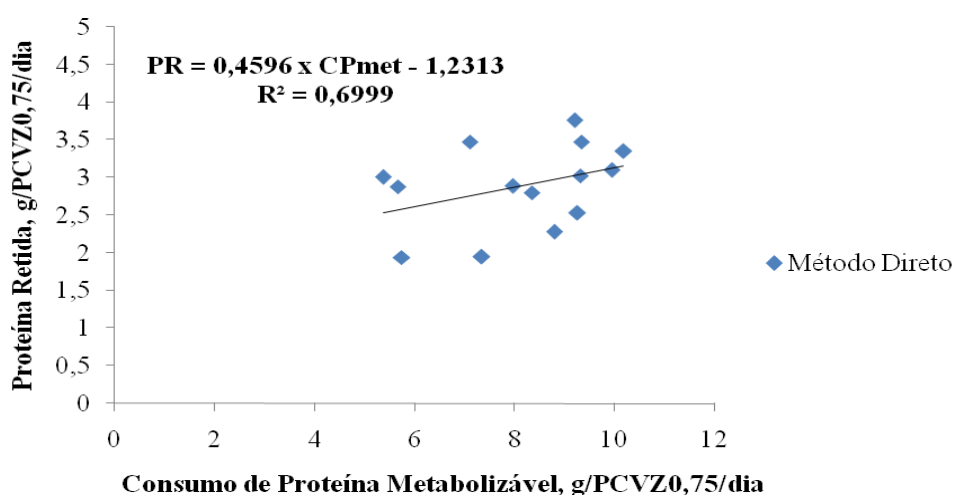


Figura 3. Relação entre proteína retida (PR) e o consumo de proteína metabolizável (CP_{met}), pelo método direto

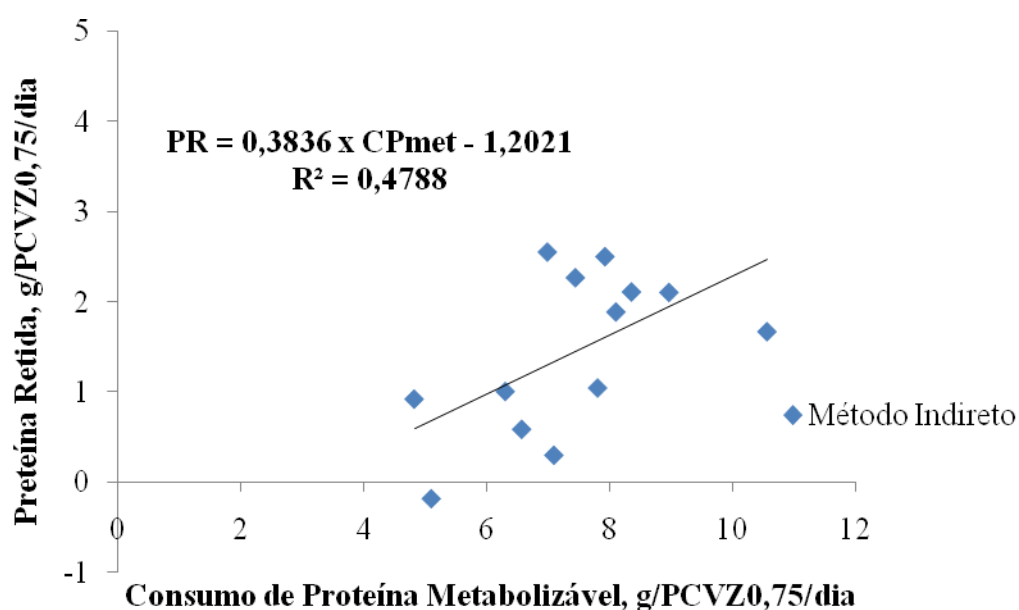


Figura 4. Relação entre proteína retida (PR) e o consumo de proteína metabolizável (CP_{met}), pelo método indireto

Como o modelo de proteína retida utilizado para estimar as exigências de proteína para manutenção apresentou um r^2 maior (0,70) para o método direto do que o modelo de consumo de proteína metabolizável (0,59), o modelo que mais se adequou a essa pesquisa foi o de proteína retida.

Foi encontrado efeito significativo ($P < 0,05$) dos métodos avaliados sobre os coeficientes dos modelos, sendo encontrados requerimentos líquidos de proteína para manutenção de 1,23 e 1,20 g/PCVZ^{0,75}/dia para os métodos direto e indireto respectivamente. Esses valores são menores que os 2,69, 2,30 e maiores que 1,72, 1,06 g/PCVZ^{0,75}/dia encontrados por Valadares Filho et al. (2006), AFRC (1993), Marcondes et al. (2011) e Souza (2010) respectivamente, porém, mais próximos de 1,74 g/PCVZ^{0,75}/dia encontrado por Chizzotti et al. (2008) para animais zebuínos puros e cruzados.

As eficiências de uso da proteína metabolizável para ganho foram de 45,96 e 38,36% para os métodos direto e indireto respectivamente, inferiores ao valor de 49,2% recomendado pelo NRC (2000), 50% sugerido por Marcondes et al. (2009a), utilizando animais Nelore de três classes sexuais e alimentação à base de silagem de milho, milho moído e farelo de soja, porém, próximo a 46,9% e a 37,51% encontrados

pelo BR-CORTE (2010) e Marcondes et al. (2011) respectivamente. A eficiência de utilização da proteína é dependente da sua composição aminoacídica e a quantidade biologicamente disponível, sendo influenciada diretamente pela qualidade do alimento utilizado na ração. De acordo com Oldham (1987), a eficiência de uso da proteína metabolizável é baseada no valor biológico da proteína e na eficiência de uso de uma “mistura ideal” de aminoácidos, sendo assim, fortemente influenciado pela qualidade da fonte de proteína não-degradada no rúmen e pelo valor biológico da proteína microbiana.

Pela regressão do consumo de proteína metabolizável (g/dia) em função do ganho médio diário (kg/dia) dos animais de desempenho e manutenção, foram obtidas as exigências de proteína metabolizável para manutenção. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os métodos avaliados sobre esse requerimento. Desta forma, foi gerada duas equações, uma para cada método avaliado (Figura 5 e 6).

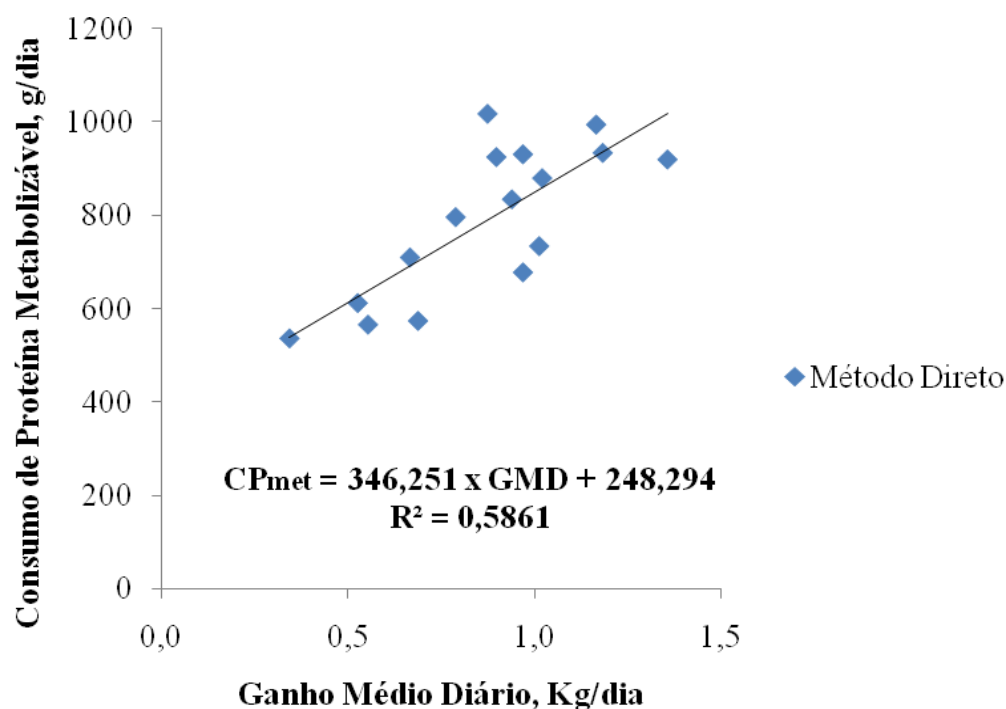


Figura 5. Relação entre consumo de proteína metabolizável (CP_{met}) e o ganho médio diário (GMD), pelo método direto

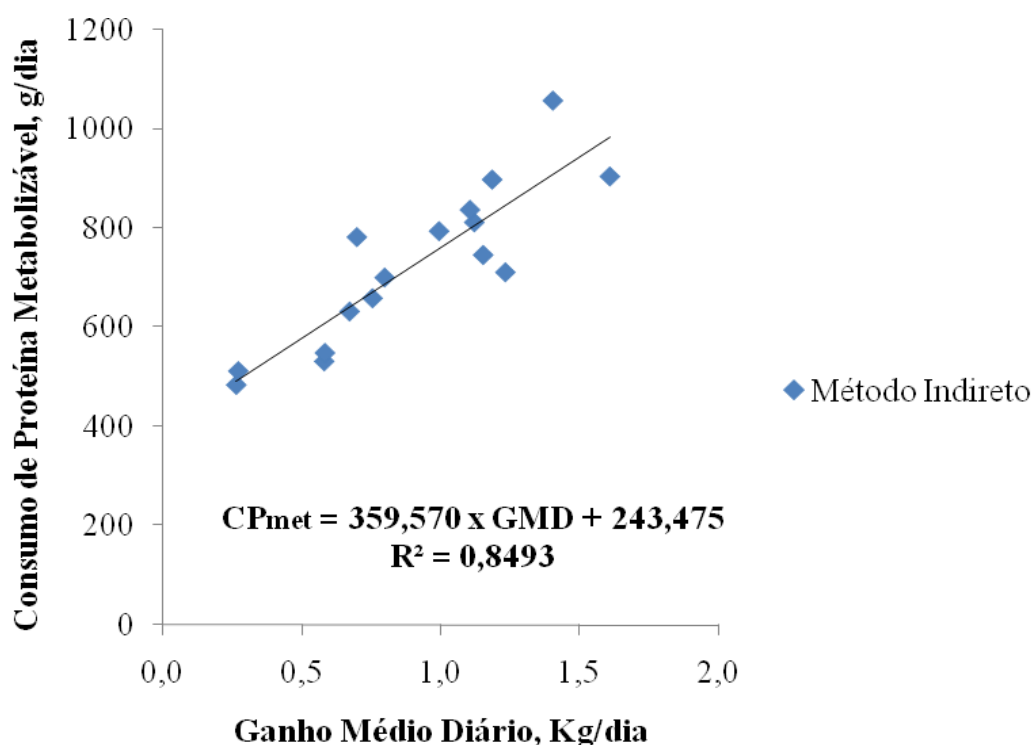


Figura 6. Relação entre consumo de proteína metabolizável (CP_{met}) e o ganho médio diário (GMD), pelo método indireto

As exigências de proteína metabolizável para manutenção foram obtidas dividindo o intercepto das equações descritas acima pelo peso metabólico médio dos animais, assim, o requerimento de proteína metabolizável para manutenção foi de 3,24 e 3,14 g/PV^{0,75}/dia (248,294/77,08 e 243,475/77,08) para os métodos direto e indireto respectivamente. Valores abaixo do adotado pelo NRC (2000), de 3,8 g/PV^{0,75}/dia encontrado por Wilkerson et al. (1993), como o intercepto do consumo de proteína metabolizável (g/dia) em função do ganho médio diário (kg/dia), dividido pelo peso metabólico médio dos animais utilizados em seus trabalhos. Abaixo também do valor recomendado pelo BR-CORTE (2010) de 4,0 g/PC^{0,75}. Porém, próximos dos preconizados pelo INRA (1988), de 3,25 g/PV^{0,75}/dia e calculado por balanço de nitrogênio.

Segundo Marcondes et al. (2011), outros métodos também são utilizados para estimar as exigências de proteína para manutenção. Dentre eles, o método que tem sido mais utilizado é aquele que relaciona o nitrogênio retido com o nitrogênio consumido.

Contudo, esse método tende a subestimar as exigências de proteína para manutenção, pois não computa perdas de pêlos e descamação.

Observa-se na Tabela 6, que os requerimentos de proteína líquida e metabolizável para manutenção aumentaram com a elevação do peso corporal, o que pode ser explicado pelo fato das exigências de manutenção estarem em função do peso corporal, como o peso dos animais aumentou conseqüentemente sua exigência protéica para manter a composição corporal e as funções vitais também aumentou, levando-se em consideração que, primeiramente o animal supre suas exigências de manutenção para depois atender as exigências de ganho.

Tabela 6. Exigências de proteína líquida e proteína metabolizável para manutenção de novilhos Sindi inteiros de diferentes pesos e taxas de ganho de peso em sistema de confinamento pelos métodos direto e indireto avaliados

PC (Kg)	Proteína Líquida (g/dia)	Proteína Metabolizável (g/dia)
Método Direto		
200	60,44	168,06
250	71,46	198,67
300	81,93	227,79
350	91,97	255,70
400	101,66	282,64
Método Indireto		
200	58,97	172,31
250	69,71	203,70
300	79,93	233,55
350	89,73	262,18
400	99,18	289,79

A partir da determinação das exigências nutricionais proteicas de novilhos da raça Sindi, construiu-se um resumo das equações geradas neste trabalho para ambos os métodos (direto e indireto) que podem ser observados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de proteína para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método direto

Item	Equação	Unidade
PCVZ	$0,900 \times PCJ$	Kg
GPCVZ	$0,865 \times GMD$	kg/dia
PL _m	1,23	$g/PCVZ^{0,75}/dia$
PL _g	$183,172 + 112,668 \times GPCVZ - 26,818 \times ER$	g/dia
K	45,96	%
PM _g	PL _g /k	g/dia
PM _m	$3,16 \text{ g} \times PV^{0,75}$	g/dia
PM _{total}	PM _m + PM _g	g/dia
PB _{mic}	$120 \times NDT$	g/dia
PDR	$PB_{mic} \times 1,11$	g/dia
PNDR	$(PM_{total} - (PB_{mic} \times 0,64)) / 0,80$	g/dia
PB	PDR + PNDR	g/dia

Tabela 8. Resumo dos modelos de estimativa das exigências nutricionais de proteína para novilhos Sindi inteiros em confinamento pelo método indireto

Item	Equação	Unidade
PCVZ	$0,900 \times PCJ$	Kg
GPCVZ	$0,865 \times GMD$	kg/dia
PL _m	1,20	$g/PCVZ^{0,75}/dia$
PL _g	$139,779 + 91,384 \times GPCVZ - 18,206 \times ER$	g/dia
K	38,36	%
PM _g	PL _g /k	g/dia
PM _m	$3,24 \text{ g} \times PV^{0,75}$	g/dia
PM _{total}	PM _m + PM _g	g/dia
PB _{mic}	$120 \times NDT$	g/dia
PDR	$PB_{mic} \times 1,11$	g/dia
PNDR	$(PM_{total} - (PB_{mic} \times 0,64)) / 0,80$	g/dia
PB	PDR + PNDR	g/dia

CONCLUSÕES

O método indireto subestimou as exigências de proteína para novilhos da raça Sindi, dessa forma, recomenda-se a utilização do método direto.

O modelo de proteína retida foi o que mais se adequou a essa pesquisa para estimar as exigências de proteína para manutenção.

Recomenda-se o uso da equação $PR = 183,172 + 112,668 \times GPCVZ - 26,818 \times ER$, para predizer os requerimentos líquidos de proteína para ganho de peso de novilhos da raça Sindi.

As exigências estimadas de proteína líquida para manutenção de novilhos da raça Sindi foi de $1,23 \text{ g/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ e a proteína metabolizável para manutenção de $3,24 \text{ g/PV}^{0,75}/\text{dia}$.

A eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho de novilhos da raça Sindi é de 45,96%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirement of ruminants**. Wallingford: commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 175p.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Animal Science**, v.88, p.9-21, 2005 (suppl. E).
- BACKES, A.C.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. et al. Composição Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína para Ganho de Peso de Novilhos Santa Gertrudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2307-2313, 2002
- BALDWIN, R.L. **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman and Hall, 1995. 592p.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. **Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.611-679, 1968.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. New York: Sidney University, 1976. 240p.
- CABRAL, C. H. A. et al. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos no turnover proteico: deposição e degradação de proteína muscular. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1085-1203, 2012.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALDARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.86, n.7, p.1588-1597, 2008.
- COOPER, R.; MILTON, T.; KLOPFENSTEIN, T. J. Phase-feeding metabolizable protein for finishing steer. **Nebraska Beef Report**, v. 366, p. 63-65, 2000.

- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos**. INCT – Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco, 2012, p.214.
- ERICKSON, G.; KLOPFENSTEIN, T. Nutritional and management methods to decrease nitrogen losses from beef feedlots. **Journal of Animal Science**, v. 88, E172-E180, 2010.
- FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos Nelore puros e cruzados submetidos a quatro níveis de concentrado na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.894-901, 2006.
- FULLER, W.A. **Measurement error models**. John Wiley and Sons, New York. 1987.
- GALYEAN, M.L. Protein levels in beef cattle finishing diets: industry application, university research, and systems results. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 11, p. 2860-2870, 1996.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GOULART, R.S.; ALENCAR, M.M.; POTT, E.B. et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.926-935, 2008.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. Estimation of the composition of beef carcass and cuts. Washington, D.C. (**Technical Bulletin** - USDA, 926). 1946.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE -NRA. **Alimentation des bovins, ovins et caprins**. Besoins des animaux. Valeurs des aliments. Versailles: Editions Quae, 2007. 307p.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e exigências 593 de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de 594 cinco grupos raciais em confinamento. 1. Conteúdo corporal e do

ganho de peso em 595 gordura, proteína e energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.518-527, 596 1992.

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

MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. **Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte**. In: Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, 2ª ed, Viçosa: Sebastião de Campos Valadares Filho, Marcos InácioMarcondes, Mário Luiz Chizzotti, Pedro Veiga Rodrigues Paulino, p. 113-133, 2010a.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M.; et al. Exigências de proteína de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2235-2243, 2011.

MORAES, E.H.B.K. **Desempenho e exigências de energia, proteína e minerais de 602 bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de 603 suplementação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. Tese (Doutorado em 604 Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006, 151p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7.ed. Washington: D.C.: National Academy Press, 2001. 363p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7th.ed. Washington, DC, 1996. 243p.

OLDHAM, J.D. Efficiencies of amino acid utilization. In: JARRIGE, R.; ALDERMAN, G. (Eds.) **Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants**. Brussels: Commission of the European Communities, 1987. p.171-186.

- OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. Factors that alter growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3138, 1993.
- OWENS, F. N. et al. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSION, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: Florida Dairy Extension, 2004. p. 27-38.
- PAULINO, P.V.R. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.759-769, 2004.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.1-17, 1996.
- RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle: 2., synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n. 4, p. 431-440, June 2004
- SAS. 2010. **Statistical Analysis System Institute**. Institute SAS/STAT software, CD-ROOM.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002, 235p.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. 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**, v31, n.1, p. 503-513, 2002.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrates and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, E.J.O. **Exigências nutricionais e desempenho de fêmeas Nelore, F1 Nelore x Angus e F1 Nelore x Simental**. Recife. Universidade Federal Rural de

Pernambuco, 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010, 109 p.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P. V. R. 2010. **Nutrient requirements of zebu cattle BR-CORTE**. 2. ed. UFV, Viçosa, p.185.

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

VALADARES FILHO, S.C. Digestão pós-ruminal de proteínas e exigências de aminoácidos para ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: FAEPE, 1997. p.87-113.

VÉRAS, A.S.C. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e proteicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.8, p.2379-2389, 2000.

WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.2777-2784, 1993.