



ESTIMATIVAS DO VALOR ENERGÉTICO DE ALIMENTOS PARA BOVINOS DE CORTE EM CONDIÇÕES TROPICAIS: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Mariane Moreno Ferro¹, Carla Heloísa Avelino Cabral², Anderson de Moura Zanine³,
Daiane Caroline de Moura⁴, Josimar Nogueira dos Santos⁵

¹Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá-MT, Brasil – email: mmf_zootecnia@yahoo.com.br

²Professora Adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT – Rondonópolis-MT, Brasil

³Professor Adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT – Rondonópolis-MT, Brasil

⁴Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá-MT, Brasil

⁵Zootecnista, Mestre em Ciência Animal – Cuiabá-MT, Brasil

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

O conhecimento da composição bromatológica dos alimentos permite o balanceamento adequado de dietas e propicia o atendimento das demandas para manutenção e produção dos animais. Entretanto, somente a composição bromatológica não contribui de maneira acurada o quanto do nutriente estará disponível ao animal, sendo necessário a estimativa do valor energético do mesmo através de sua digestibilidade, uma vez que a mesma corresponde de 10 a 40% do desempenho animal. Dentro do sistema produtivo de ruminantes com alta capacidade produtiva, a energia tem limitado a produtividade animal. O uso das equações de predição adotadas pelo sistema National Research Council (NRC), muitas vezes, não são eficientes na predição dos valores energéticos dos alimentos obtidos em condições tropicais, uma vez que, os dados utilizados pelo sistema foram desenvolvidos na maioria das vezes em condições temperadas, utilizando animais cuja base genética são taurinos (*Bos taurus*), diferentemente da base genética utilizadas em condições tropicais, animais zebuínos (*Bos indicus*). Desta maneira, faz-se necessário a busca por um método preditivo, acurado e preciso na estimativa do valor energético, aplicado a qualquer tipo de alimento, sob condições tropicais e com base genética de animais zebuínos, como também sua validação.

PALAVRAS-CHAVE: composição bromatológica, digestibilidade, energia, validação, ruminantes

ESTIMATES OF ENERGY FOOD FOR BEEF CATTLE IN TROPICAL CONDITIONS: CONCEPTS AND APPLICATIONS

ABSTRACT

Knowledge of the chemical composition of foods allows balancing adequate diets and provides meet the demands for maintenance and production animals. However, the chemical composition not only contributes accurately how much of the nutrient is available to the animal, making it necessary to estimate the same amount of energy through its digestibility, since it corresponds to 10 to 40% of animal performance. Within the production system of ruminants with high production capacity, energy is limited to animal productivity. The use of prediction equations system adopted by the National Research Council (NRC), often, are not effective in predicting the energy values of food obtained in tropical conditions, since the data used by the system were developed mostly in temperate conditions, using animals whose genetic basis is taurine (*Bos taurus*), unlike the genetic basis used in tropical conditions, zebu (*Bos indicus*). Thus, it is necessary to search for a predictive method, accurate and precise estimate of the energy value, applied to any type of food, under tropical conditions and genetic basis of zebu, as well as its validation.

KEYWORDS: chemical composition, digestibility, energy, validation, ruminants

INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro com aproximadamente 209,5 milhões de animais e exportação média de 1,7 milhões de toneladas é o país com o maior rebanho comercial do mundo (ABIEC, 2010).

Segundo a distribuição regional do efetivo de bovinos, 34,6% dos bovinos encontravam-se no Centro-Oeste, 20,1% no Norte e 18,3% no Sudeste do País (IBGE, 2010), sendo cerca de 80% do rebanho é composto por animais de raças zebuínas (*Bos indicus*), que são animais de comprovada rusticidade e adaptação ao ambiente predominante no Brasil, dentre estas raças, podemos destacar o Nelore, com 90% desta parcela (ABIEC, 2010).

Nesta ótica, a nutrição é um dos principais fatores a serem considerados dentro do sistema produtivo de pastagens, onde 99% da dieta do rebanho de bovinocultura de corte é baseada a pasto (PAULINO et al., 2008), uma vez que estes podem corresponder de 70 a 90% dos gastos operacionais totais, dependendo da fase de criação considerada e do nível de produção desejado (VALADARES et al., 2010).

Entretanto, a sazonalidade forrageira ocasionada pela baixa densidade pluviométrica, provoca a escassez de alimentos volumosos para os animais ruminantes, sendo este, um problema que se repete anualmente, refletindo na baixa produtividade dos rebanhos manejados em regime de pastejo, causando transtornos econômicos e gerando insegurança entre os pecuaristas. Essa limitação energética leva a procura por alternativas capazes de suprir essa necessidade nutricional, como exemplo, a suplementação.

O conhecimento da composição bromatológica dos alimentos, permite o balanceamento adequado de dietas que propiciem o atendimento das demandas para manutenção e produção dos animais (DETMANN et al., 2006a). Pois, segundo VAN SOEST (1994), além do conhecimento da composição bromatológica dos alimentos, tem sido de suma importância determinar, também, a sua digestibilidade, proporcionando a obtenção do valor energético dos mesmos, notadamente, via nutrientes digestíveis totais (NDT). Desta maneira, determinações da digestibilidade têm contribuído, significativamente, para o desenvolvimento de sistemas, que visem descrever o valor nutritivo dos alimentos.

Segundo MERTENS (1994), o desempenho animal é dependente da ingestão de nutrientes digestíveis e metabolizáveis, sendo de 60% a 90% do desempenho animal explicado pelas variações no consumo e somente 10% a 40% são creditados à digestibilidade.

A digestibilidade aparente de um alimento é considerada a proporção do alimento ingerido que não foi excretada nas fezes, não considerando a matéria metabólica fecal, representada principalmente pelas secreções endógenas, contaminação por microrganismos e descamações do epitélio (BERCHIELLI et al., 2011).

Contudo, embora os valores energéticos tabelados dos alimentos tendam a ser confiáveis do ponto de vista estatístico, os alimentos utilizados em diferentes sistemas de produção constituem informações pontuais, ou seja, pertencem a uma distribuição, muitas vezes normal, mas com afastamentos variados da média populacional, assim, rações calculadas com base em médias tenderão a fornecer produções desviadas do que inicialmente foi planejado (DETMANN et al., 2008c; VALADARES FILHO et al., 2010).

Esse quadro se mostra particularmente intenso nos trópicos, principalmente com alimentos volumosos, uma vez que, as características dos alimentos produzidos refletem de forma mais marcante, em comparação a regiões temperadas. VAN SOEST (1994) enfatiza que numerosos fatores como, espécie da planta, temperatura, intensidade de luz, disponibilidade de água, latitude, maturidade, tipo de colheita, processamento e armazenamento, afetam a composição química e, conseqüentemente, a disponibilidade de energia dos alimentos.

Segundo LEONEL (2011) a energia é o maior limitante da produtividade animal, onde, a compreensão de sua forma na utilização pelos seres vivos é de fundamental importância no campo das ciências biológicas e de sistemas de produção que utilizam organismos vivos, pois sua deficiência em animais criados com interesse econômico manifesta-se pela falta de crescimento, falhas na reprodução e perda de reservas corporais reduzindo, assim, a produtividade animal.

De acordo com DETMANN et al. (2008c) a base do sistema de predição do conteúdo energético dos alimentos ofertados a bovinos adotado pelo NRC (2001), reside sobre a influência da composição química e a capacidade de fornecimento energético. O método se baseia em sistema de equações somativas, no qual, cada grupo nutricional (proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF)), destina-se uma equação responsável pela obtenção de estimativas das frações verdadeiramente digestíveis, com posteriores correções no tocante as perdas metabólicas fecais e quantidade

consumida.

ROCHA JUNIOR et al. (2003b) aponta que no Brasil as equações somativas utilizadas pelo NRC (2001), que considera cada fração do alimento para estimar o NDT, devem ser validadas antes de serem recomendadas para estimar o valor energético dos alimentos tropicais.

Contudo, AZEVÊDO et al. (2011) enfatiza que mesmo o NRC (2001) sendo um sistema amplamente difundido e, teoricamente satisfatório para o uso em condições temperadas, esse conjunto de equações não tem apresentado eficiência de predição satisfatória quando aplicado a alimentos obtidos em condições tropicais, tornando as estimativas substancialmente desviadas dos valores observados *in vivo*.

Diante disso, utilizando à base de dados de pesquisas desenvolvidas no Brasil (DETMANN et al., 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2008a; 2008b, 2010, AZEVÊDO, 2009, MAGALHÃES et al., 2010) recentemente foi estabelecido por VALADARES FILHO et al. (2010) as normas, BR CORTE (2010), que trazem resultados cuja base experimental são animais zebuínos ou animais mestiços, criados sob condições tropicais.

Esta revisão bibliográfica foi descrita com o objetivo de reunir e descrever os modelos propostos em condições tropicais para estimativa do valor energético dos alimentos para bovinos de corte.

ENERGIA DOS ALIMENTOS

Energia é definida por LEONEL (2011), como a capacidade de realizar trabalho, sendo a mesma exigida, em todos os processos vitais. O requerimento de energia é influenciado por diversos fatores como, espécie animal, raça, sexo, tamanho e peso corporal, idade, estado fisiológico, tipo de produção e fatores de estresse do ambiente (FRANZOLIN et al., 2001).

A energia total dos alimentos, denominada energia bruta, pode ser medida com relativa simplicidade, usando-se a bomba calorimétrica, todavia, a existência da variação na digestibilidade e no metabolismo dos nutrientes resulta em disponibilidade diferenciada de energia, influenciando diretamente na formulação de dietas e a comparação entre alimentos, ocasionadas por fontes de variações, quais incluem o animal, o alimento e os outros componentes da dieta (CAPPELLE et al., 2001). Considerando essas alterações, diferentes medidas de energia têm sido desenvolvidas.

Segundo LEONEL (2011), durante o processo digestivo os alimentos estão sujeitos a perdas de energia, de modo que, no final desse processo, apenas uma fração da energia ingerida estará disponível para os animais. Parte da energia bruta (EB) ingerida é perdida nas fezes sobrando uma fração da energia, denominada de energia digestível aparente (ED). Descontando-se da ED, as perdas provenientes da urina e dos gases da digestão obtêm-se a energia metabolizável (EM). O valor da EM pode variar de 80 – 90% do valor da ED sendo esta variação atribuída às diferenças na composição, tipo de processamento dos alimentos utilizados e do nível de consumo dos animais. Subtraindo-se da EM o valor energético referente ao incremento calórico obtêm-se a energia líquida (EL) (Figura 1).

O incremento calórico é definido como a produção de calor, incluindo o calor

da fermentação e do metabolismo de nutrientes, após a ingestão de alimentos. A energia líquida constitui a fração da energia ingerida que é disponível para o animal podendo ser fracionada em energia líquida de manutenção e de produção.

A quantidade de energia líquida disponível para as atividades de manutenção e produção, bem como a quantidade de energia dissipada na forma de calor é dependente da eficiência de utilização da energia metabolizável dos alimentos (LEONEL, 2011).

De acordo com VALADARES FILHO et al. (2009) a real importância em se determinar as exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil, notadamente de zebuínos (Nelore), está em se obter informações mais próximas da necessidade de cada nutriente e energia pelo animal em condições climáticas tropicais, utilizando tais informações para o correto balanceamento de rações para diferentes níveis de desempenho, objetivando melhorar o desempenho produtivo do rebanho, com resultado econômico favorável.

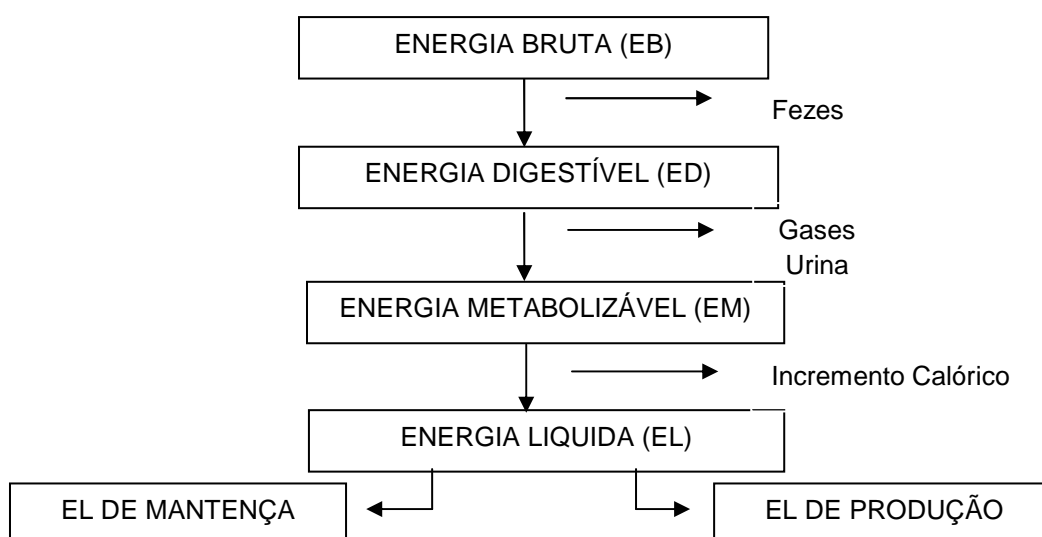


FIGURA 1. Esquema Partição de Energia

O valor energético dos alimentos pode ser expresso de diversas formas, tais como, energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia líquida (EL) e nutrientes digestíveis totais (NDT), que irá variar dependendo do sistema de avaliação utilizado. O sistema de EL fornece valores de disponibilidade de energia muito mais precisos que o NDT, entretanto, os valores de EL são difíceis de serem obtidos na prática, permanecendo, então, o NDT, principalmente pela grande quantidade de informações disponíveis na literatura (NRC, 1988).

MAGALHÃES et al. (2010) enfatiza que o conteúdo energético dos alimentos empregados na alimentação de ruminantes não é determinado facilmente, sendo a utilização de animais para determinação de NDT *in vivo* considerada um procedimento caro, trabalhoso, que demanda tempo e infraestrutura específica.

Dessa forma, as alternativas buscadas através de pesquisas que avaliam o

valor nutricional de alimentos e/ou dietas visam à obtenção de estimativas exatas e precisas da disponibilidade de nutrientes e atributos nutricionais, a fim de reduzirem custos e obter resultados mais acurados.

Quando o NDT ou a ED são conhecidas todas as outras expressões de energia podem ser calculadas através da utilização de equações apropriadas que estimam essas variáveis (VALADARES FILHO et al., 2010), uma vez que, a realização de testes de digestão de alimentos ou dietas possuem um custo muito alto (CAPPELLE et al., 2001).

A partir da publicação do NRC (2001) passou-se também a estimar o NDT da dieta a partir de sua composição químico-bromatológica, adotando-se para isso, uma série de equações em que as frações digestíveis dos nutrientes são obtidas separadamente e em seguida, somadas. Considerando que a concentração de energia disponível dos alimentos esta relacionada com os componentes químicos da dieta, essa aplicação torna-se uma alternativa, pois as análises químicas são testes rápidos, baratos e executados rotineiramente.

Nessa perspectiva, vários métodos estão sendo propostos em condições tropicais, os quais se constituem de sistemas de equações somativas, de modo que a cada grupo de compostos químicos se destinam uma equação para obtenção de estimativas das frações verdadeiramente digestíveis e do valor energético dos alimentos, seja ele concentrado ou volumoso (CAPPELLE et al., 2001; ROCHA JUNIOR et al., 2003a; DETMANN et al., 2004; DETMANN et al., 2006a,b e c; DETMANN et al., 2007; DETMANN et al., 2008a, b; CAMPOS et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2010; AZEVÊDO et al., 2011).

Para WEISS (1993) a precisão da maioria dos modelos múltiplos é melhor que a dos modelos simples, pois o uso de uma única variável não reflete as variações nas concentrações dos outros nutrientes. Exemplo clássico são duas amostras de um mesmo alimento (silagem de milho) que possuem um mesmo teor de FDA e terão a mesma energia estimada com essa única variável, mesmo que tenham diferentes conteúdos de outros nutrientes (proteína bruta, fibra em detergente neutro, matéria mineral, lignina, outros).

Segundo DETMANN et al. (2004), entre os diferentes componentes dos alimentos, a fração fibrosa é de fundamental importância em sistemas de produção tropicais, pois fornece quantidade significativa de energia à baixo custo, e por apresentar variabilidade naturalmente superior aos demais componentes, devendo ocupar a posição central na avaliação da disponibilidade de energia. Embora as concentrações de PB possuam uma correlação positiva com a disponibilidade de energia nas forragens, WEISS (1993) enfatiza que esta variável não é um bom índice para predizer a disponibilidade de energia nas forragens, uma vez que, essa fração é relativamente pequena no conteúdo de matéria seca total de volumosos.

OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DO VALOR ENERGÉTICO DOS ALIMENTOS

Modelos de estimativa da digestibilidade dos alimentos

Conforme já descrito, após o conhecimento da composição química dos alimentos, a estimativa da digestibilidade dos mesmos é de extrema importância para quantificar seu valor nutritivo (VALADARES FILHO et al., 2000).

De acordo com ROCHA JUNIOR et al. (2003a) a digestibilidade do alimento é

basicamente sua capacidade de permitir que o animal utilize, em maior ou menor escala, seus nutrientes, sendo essa capacidade expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente. Desta maneira medidas de digestibilidade têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de sistemas que descrevem o valor nutritivo dos alimentos.

AZEVÊDO et al., (2011) avaliando a acurácia das equações adotadas pelo NRC (2001) e por DETMANN et al., (2006a, 2006b, 2006c; 2007, 2008a; 2010) para estimarem o valor energético de quatorze subprodutos agrícolas e agroindustriais observaram ampla variabilidade do valor nutritivo dos mesmos, principalmente se observado o consumo e a digestibilidade das frações nutricionais. Vários modelos propostos para estimar a digestibilidade dos nutrientes de alimentos foram validados, onde ao serem aplicados apresentaram diferenciação quanto sua acurácia (Tabela 1).

Segundo AZEVÊDO et al., (2011), a estimativa da PBad (PB aparente digestível) dos subprodutos dendê e mandioca rama, apresentaram valor negativo, quando utilizou-se o modelo proposto por DETMANN et al. (2008a), a justificativa é de que devido a PIIDN (proteína insolúvel indegradável em detergente neutro) não ter sido determinada biologicamente, e sim por ter sido estimada, ocorrendo superestimação do valor de PIIDN desses alimentos.

Utilizando os outros modelos propostos por DETMANN et al. (2006a) e NRC (2001), AZEVÊDO et al., (2011) afirmaram que, mesmo havendo pouca dispersão dos valores em torno da reta de igualdade, as estimativas apresentaram similaridade às obtidas pelas observações in vivo, no entanto, os dois modelos apresentaram uma tendência de superestimar as frações de PBad dos subprodutos, e observou que o maior erro de predição entre todos os valores preditos foi o encontrado na mandioca rama.

TABELA 1. Modelos propostos para estimativa da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos avaliados.

Autor	Modelo
NRC, 2001 – alimentos concentrados	$PBad: PB \times [1 - (0,4 \times PIDA / PB)] - 2,7$
NRC, 2001 – alimentos volumosos	$PBad = PB \times \text{Exp}[-1,2 \times (PIDA/PB)] - 2,7$
DETMANN et al., 2006a	$PBad = 0,7845 \times PB - 1,61$
DETMANN et al., 2008a	$PBad = 0,98 \times (PB - PIDN) + 0.835 \times (PIDN - PIIDN) - 1,61$
DETMANN et al., 2010	$PIIDN = ((1,1557 + 0,0255 \times (PIDA^{2,3388}))^2$
NRC (2001) - EE >1% na MS	$EEad = (EE - 1) - 0,62 \times 100$
NRC (2001) – EE <1% na MS	$EEad = 0$
DETMANN et al., 2006b	$EEad = 0,8596 \times EE - 0,18$
NRC, 2001	$CNFad = 0,98 \times CNF - 3,1$
DETMANN et al., 2006c	$CNFad = 0,9507 \times CNF - 5,11$
NRC, 2001	$FDNd = 0,75 (FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,667}]$ onde: L= lignina
DETMANN et al., 2007	$FDNd = 0,835 (FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,85}]$
NRC, 2001	$ED (Mcal/kg) = PBd/100*5,6 + EEad/100*9,4 + CNFd/ 100*4,2 + FDNd/100*4,2$

Fonte: Adaptado de AZEVÊDO et al., 2011

CAMPOS et al., (2010) avaliando a digestibilidade de alguns volumosos como cana-de-açúcar e silagens de milho, sorgo e de capim elefante como dietas para ovinos, observaram que os valores de PBD (Proteína bruta digestível) foram drasticamente subestimados pela equação do NRC (2001), onde os valores das frações digestíveis estimados e observados foram, 2,17% e 5,72% para cana-de-açúcar, 2,98% e 9,38% para silagem de capim elefante, 4,49% e 8,59% para silagem de milho e 4,45% e 6,60% para silagem de sorgo, respectivamente.

Alimentos volumosos, concentrados e conjunto de alimentos (concentrados+volumosos) avaliados por ROCHA JUNIOR et al., (2003b) em validação ao modelo proposto pelo NRC (2001), não apresentaram diferença significativa, havendo uma boa correspondência entre os valores preditos e observados. Situação esta também observada por COSTA et al., (2005), onde as equações do NRC (2001) foram eficientes para determinação do valor energético dos alimentos estudados nas condições brasileiras.

Para EEad (extrato etéreo aparente digestível), AZEVÊDO et al., (2011) encontraram maior precisão e exatidão no modelo proposto por DETMANN et al. (2006b), pois alimentos que apresentam EE < 1% na MS, como é o caso dos subprodutos de abacaxi, mandioca casca e mandioca haste, o modelo NRC (2001) considera como zero a estimativa do EEad, não sendo real esse valor, uma vez que a fração de EE fornece 2,25 vezes mais energia quando comparado as outras frações.

SILVA et al., (2007) avaliando o capim elefante em diferentes idades de rebrota, também apresentaram EEad igual á zero, quando utilizaram o modelo proposto pelo NRC (2001). PINA et al. (2006) e SILVA et al., (2007) observaram que o modelo do NRC (2001) tende a subestimar a predição do EEad para alimentos em condições tropicais.

ROCHA JUNIOR et al., (2003b) ao predizerem a digestibilidade do EE, também observaram subestimação em alimentos conjuntos (concentrado + volumoso), onde sua digestibilidade variou em 29,57%.

ROCHA JUNIOR et al., (2003b) enfatiza que a maioria dos alimentos possuem baixos teores de EE, sendo que a estimativa da digestibilidade considerando a equação do NRC (2001) sempre irá subestimar o valor nutricional dos alimentos. Desta forma WEISS et al., (1992) recomendaram a utilização dos ácidos graxos ao invés de EE para melhorar a acurácia da estimativa de energia, pois os ácidos graxos agem como uma fração uniforme, mas a digestibilidade do EE varia entre os alimentos, especialmente, quando forragens são comparadas com alimentos concentrados. A fração EE dos alimentos consiste de mistura heterogênea de substâncias pouco solúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, incluindo compostos de alta digestibilidade (ácidos graxos), além de componentes com quase nenhuma energia digestível, desta forma, equações baseadas no EE não são acuradas para estimar a disponibilidade energética de uma população variada de alimentos. No entanto, um pequeno número de informações referentes à composição de ácidos graxos dos alimentos e a dificuldade de se avaliar rotineiramente os teores destes componentes dificultam a adoção dessa idéia na predição do conteúdo de energia disponível.

ROCHA JUNIOR et al., (2003b) encontraram que a proposta do NRC (2001) para estimar a fração digestível dos CNFd, subestima a digestibilidade total dos alimentos concentrados em 10,21%. Já para alimentos volumosos constatou similaridade entre os valores preditos e observados. Observação também feita por PINA et al. (2006), que também concluíram que a equação proposta não é adequada para estimar essa fração.

Situação contrária foi observada por CAMPOS et al., (2010) onde avaliando a digestibilidade dos CNF de alguns volumosos encontraram que as equações propostas pelo NRC (2001) superestimaram, sendo os valores estimados e observados de 44,76% e 36,95% para cana-de-açúcar, 20,66% e 18,58% para silagem de capim elefante, 29,41% e 21,90% para silagem de milho e 29,49% e 21,44% para silagem de sorgo, respectivamente.

Segundo AZEVÊDO et al., (2011) o modelo proposto por DETMANN et al. (2006c) para estimar os CNFad apresentou maior precisão e exatidão quando comparado ao modelo proposto pelo NRC (2001).

Para estimativa da FDNd ROCHA JUNIOR et al., (2003b) concluíram que o sistema NRC (2001) subestima a fração da FDNd determinada em condições tropicais, principalmente para alimentos volumosos.

AZEVÊDO et al., (2011) utilizando os modelos propostos pelo NRC (2001) e DETMANN et al., (2007), observaram que os dois modelos não foram exatos e precisos ao estimarem os valores da FDNd dos subprodutos agrícolas. Enfatizando que a aplicabilidade desses modelos torna-se limitada, em virtude da elevada concentração de componentes fibrosos em subprodutos tropicais, tornando necessário o desenvolvimento de novos modelos que sejam precisos e exatos para estimar o valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais.

Equações para Predição do Valor Energético dos Alimentos

Segundo PEREIRA et al. (2010) dentre os muitos componentes químicos que são relacionados à concentração de energia disponível de um alimento, alguns destes componentes, especialmente, extrato etéreo e proteína bruta, têm sido positivamente correlacionados ao teor de NDT, enquanto, que as frações fibrosas têm apresentado correlações negativas com a disponibilidade energética dos alimentos.

MAGALHÃES et al. (2010) determinaram o valor energético de diferentes volumosos, sendo estes, cana-de-açúcar, silagens de cana-de-açúcar, de soja, de capim mombaça e de milho, feno de capim tifton 85 e capim elefante, utilizando o ensaio *in vivo* e outros dez diferentes métodos e equações de predição, observaram uma ampla variabilidade nos valores preditos de NDT quando comparado aos observados *in vivo*. Sendo que para a maioria dos alimentos em estudo, os métodos avaliados subestimaram os valores energéticos. Os autores ressaltam ainda que, com exceção de dois métodos, todos os outros modelos foram desenvolvidos com base em estudos conduzidos com alimentos produzidos em regiões temperadas, podendo ser uma das causas da divergência entre valores preditos e observados, uma vez que as forrageiras tropicais apresentam grandes variações na digestibilidade de seus componentes, em especial no que se refere à fração fibrosa.

Indicando que seja então utilizado as equações propostas por DETMANN et al. (2006a, b e c) e DETMANN et al. (2007), por terem estimado os valores das frações digestíveis e de NDT com maior acúrcia.

Sendo as mesmas também indicadas por AZEVÊDO et al. (2011) que encontraram erros de predições superiores a 15% observados nas estimativas do modelo NRC (2001) para o NDT de subprodutos: dendê (-16,59%), goiaba (14,07%), mandioca rama (-34,97) e maracujá (17,86%). Enquanto, para as estimativas de NDT utilizando a predição da fração digestível dos modelos de DETMANN et al. (2006a, b e c) e DETMANN et al. (2007) os erros de predição superiores a 15% foram observados em três subprodutos, sendo eles, de goiaba (17,01%), mandioca rama (-30,03%) e maracujá (17,90%).

CAMPOS et al. (2010) encontraram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os valores de NDT estimados através da equação proposta pelo NRC (2001) e os valores de NDT observados sendo eles, 59% e 61,0%, respectivamente, para o conjunto de volumosos avaliados.

No entanto, a existência de controversas deixa dúvidas quanto à escolha do modelo, pois ROCHA JUNIOR et al. (2003b) validando o sistema NRC (2001) a partir da composição de vários alimentos, encontraram que não houve diferenças significativas entre os valores de NDT observados e preditos, tanto para alimentos volumosos, quanto para alimentos concentrados. Porém, os autores supõem que pelos bons coeficientes de determinação encontrados, com exceção para alimentos volumosos, que a proposta do NRC (2001) a fim de estimar o valor energético dos alimentos possa ser utilizada na predição do NDT.

Desta maneira, CAPPELLE et al. (2001) já havia utilizado resultados disponíveis na literatura, com o objetivo de relacionar a energia disponível com outras características bromatológicas dos alimentos, encontraram equações para estimar o NDT dos alimentos, conforme descritas na Tabela 2.

TABELA 2. Equações para estimativa do NDT dos alimentos em dietas totais utilizando diferentes características nutricionais.

Autor	Modelo	R²
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT = 3,71095 - 0,129014FDN + 1,02278DMO$	0,99
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT = 91,0246 - 0,571588FDN$	0,61
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT = 77,13 - 0,4250FDA$	0,59
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT = -3,84 + 1,064DMS$	0,96
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT = -6,88 + 1,0808DMO$	0,98
NRC (2001)	$NDT = PBD + 2,25EED + FDN_{cpD} + CNFD$	-

Fonte: Adaptado de CAPPELLE et al., 2001

CAPPELLE et al. (2001) verificaram que a fração fibra em detergente neutro (FDN) e a digestibilidade da matéria orgânica (DMO) apresentaram relação negativa e positiva, respectivamente, com o NDT do alimento em avaliação, podendo essas equações estimar os valores de NDT com maior segurança.

A partir de análise de regressão pode-se encontrar equações para estimar o valor de NDT de concentrados, já que o conteúdo de energia de rações concentradas pode variar, as equações estão apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3. Equações estimativas de NDT para alimentos concentrados

Autor	Modelo	R²
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT=60,04-0,6083FDA$	0,87
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT=5,60+0,8646DMO$	0,98
CAPPELLE et al. (2001)	$NDT=9,6134+0,8294DMS$	0,98

Fonte: Adaptado de CAPPELLE et al. (2001)

Analisando as equações, CAPPELLE et al. (2001) observaram que a fração fibra em detergente ácido (FDA) apresentou uma relação negativa com o teor de NDT, enquanto, a DMO e DMS apresentaram a mesma tendência das dietas totais, conferindo uma relação direta com o teor de NDT.

Segundo MINSON (1982), citado por WEISS (1998), a variação na composição química é maior para os volumosos do que para os concentrados, devendo as equações ser desenvolvidas principalmente para esses alimentos. Desta maneira, CAPPELLE et al. (2001) desenvolveram também equações para estimar o valor de NDT dos alimentos volumosos, de acordo com sua classificação, as equações estão descritas na Tabela 4.

De acordo com CAPPELLE et al. (2001) estas equações mostraram redução do valor do NDT à medida que se aumentaram os valores de FDN e FDA, havendo também, um aumento do valor de NDT, com o aumento da DMO e da DMS. Devido os altos coeficientes de determinação apresentados, os autores admitem que, desde que, respeitadas as características das populações, as equações apresentadas poderão estimar, com precisão os valores de NDT dos alimentos.

TABELA 4. Equações estimativas de NDT para alimentos volumosos

Autor	Modelo	R²
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 91,6086 - 0,669233FDN + 0,437932PB	0,71
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 0,832287 - 0,384486FDN + 1,363307DMO	0,83
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 99,39 - 0,7641FDN	0,66
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 74,49 - 0,5635FDA	0,84
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 10,43 + 0,8019DMS	0,89
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 2,32 + 0,9044DMO	0,86
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 83,79 - 0,4171FDN (volumosos verdes)	0,82
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = -2,49 + 1,0167DMO (volumosos verdes)	0,98
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 6,12 + 0,851DMS (volumosos verdes)	0,72
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 11,85 + 0,745DMS (feno)	0,95
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 15,33 + 0,5740DMO (silagens c/ aditivo)	0,67
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 14,27 + 0,66DMS (silagens c/ aditivo)	0,64
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 99,39 - 0,7641FDN (silagens s/ aditivo)	0,66
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = 74,49 - 0,5635FDA (silagens s/ aditivo)	0,84
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = -11,9095 + 1,1369DMO (silagens s/ aditivo)	0,97
CAPPELLE et al. (2001)	NDT = -8,0412 + 1,1725DMS (silagens s/ aditivo)	0,96

Fonte: Adaptado de CAPPELLE et al. (2001)

As equações propostas por CAPPELLE et al. (2001) ainda necessitam ser validadas por outros pesquisadores, a fim de garantir maior acurácia na utilização das equações para determinação do teor de NDT dos alimentos, uma vez que as mesmas foram bem estratificadas conforme a classificação dos alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento do valor energético e digestibilidade das frações dos nutrientes dos alimentos típicos de regiões tropicais, através da estimativa com os

dados da composição química dos alimentos, são de extrema importância para o atendimento as exigências nutricionais de bovinos de corte, principalmente, devido à alimentação ter grande impacto sobre os custos de produção.

Estudos mais específicos para as regiões de clima tropical ainda precisam ser conduzidos para que as lacunas no conhecimento ainda existentes possam ser preenchidas, e desta forma, os modelos de determinação do valor energético dos alimentos possam apresentar uma maior acúrcia.

A padronização dos modelos utilizados também deve ser estabelecida, pois desta maneira, produtores poderão saber quais modelos se adéquam as suas condições, conforme o alimento utilizado, diante do grande número de alimentos padronizados e também alimentos alternativos, como os coprodutos agroindustriais.

A busca por um método preditivo, acurado e preciso, aplicado a qualquer tipo de alimento, deve continuar, como também sua validação.

REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes . 2010. Disponível em: http://www.abiec.com.br/download/stat_mercadomundial.pdf (Acessado em Março 2013).

AZEVÊDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; PINA, D. S.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, K. A. M.; FERNANDES, H. J.; SOUZA, N. K. P. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.391-402, 2011.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. In: **Nutrição de Ruminantes**. São Paulo: FUNEP, 2011, 616 p.

CAMPOS, P. R. S. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; CECON, P. R.; LEÃO, M. I.; LUCCHI, B. B.; SOUZA, S. M.; PEREIRA, O. G. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 079-086, 2010.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.6, p. 1837-1856, 2001.

COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; PAIXÃO, M. L. Validação das Equações do NRC (2001) para Predição do Valor Energético de Alimentos nas Condições Brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; CABRAL, L. S.; ROCHA JUNIOR, V. R.; **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p1127 2013

VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; PONCIANO, N. J.; FERNANDES, A. M. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

DETMANN, E.; PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A.; HENRIQUES, L. T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2101-2109, 2006a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, M. L.; MAGALHÃES, K. A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, A. L. R.; FIGUEIREDO, D. M.; PORTO, M. O.; CHIZZOTTI, M. L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; HENRIQUES, L. T. Desenvolvimento de um sub modelo bi-compartimental para estimação da fração digestível da proteína bruta em bovinos a partir da composição química dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2215-2221, 2008a.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; HENRIQUES, L. T.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, K. A.; SILVA, P. A.; CHIZZOTTI, M. L. Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.127-147, 2008b.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: VI SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008. **Anais...** Viçosa-MG: UFV, 2008c.

DETMANN, E.; SILVA, J.F.C.; CLIPES, R.C. et al. Estimação por aproximação química dos teores de proteína indegradável insolúvel em detergente neutro em **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p1128 2013

forragens tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.742-746, 2010.

FRANZOLIN, R.; SILVA, J. R.; OCAMPOS, D. Níveis de energia na dieta para bubalinos em crescimento alimentados em confinamento. 1. Desempenho e bioquímica de nutrientes sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, n.6, p. 1872 - 1879, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Produção da Pecuária Municipal**. ISSN 0101-4234, Rio de Janeiro – RJ, v. 38, p.1-65, 2010.

LEONEL, F. DE P. Eficiência da Utilização da Energia em Sistemas de Produção Confinados e a Pasto. In: **NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE**. ZERVOUDAKIS & CABRAL. Cuiabá: Anne Artes, 2011, 278 p.

MAGALHÃES, K. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; DINIZ, L. L.; PINA, D. S.; AZEVEDO, J. A. G.; ARAUJO, F. L.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A.; TEDESCHI, L. O. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 155, p.44-54, 2010.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. (Eds.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of American and Soil Science Society of America, 1994. p.450-493.

National Research Council – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6^a ed. Washington, National Academic Press. 1988, 158p.

National Research Council – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7^a ed. Washington, National Academic Press. 2001, 381p.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. Bovinocultura Funcional nos Trópicos. In: VI SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008. **Anais...** Viçosa-MG: UFV, 2008. P. 275-306.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S.; MIZUBUTI, I. Y.; ARAUJO, G. G. L.; CARNEIRO, M. S. S.; REGADAS FILHO, J. G. L.; MAIA, I. S. G. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, 2010.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; CAMPOS, J. M. S.; MORAES, K. A. K.; OLIVEIRA, A. S.; PAIXÃO, M. L. Efeitos de Indicadores e Dias de Coleta na Digestibilidade dos Nutrientes e nas Estimativas do Valor Energético de Alimentos para Vacas Alimentadas com Diferentes Fontes de
ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p1129 2013

Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2461-2468, 2006.

ROCHA JUNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; BORGES, A. M.; MAGALHÃES, K. A.; FERREIRA, C. C. B.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.2, p. 473 – 479, 2003a.

ROCHA JUNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; BORGES, A. M.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; CECON, P. R. Estimativa do Valor Energético dos Alimentos e Validação das Equações Propostas pelo NRC (2001). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.480-490, 2003b.

SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; DETMANN, E.; PAIXÃO, M. L. Valor energético do capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.711-718, 2007.

VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G. A.; VALADARES, R. F. D.; CLAYTON, M. K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.106-114, 2000.

VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. Exigências Nutricionais de Bovinos de Corte no Brasil: Desafios. **Revista Ceres**, v.56, p. 488-495, 2009.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L. PAULINO, P. V. R. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados. **BR-CORTE**. 2º edição. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2010.193 p.

VAN SOEST, P. J. **The nutritional ecology of the ruminant**. 2 edition. Cornell University Press. Ithaca, NY, USA, 1994.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, N. R. ST. A theoretically based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**. V.39, p. 95-100, 1992.

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

WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. In: Symposium: energy availability. **Journal Dairy Science**, v.81, p.830-839, 1998.