

Avaliação dos valores de energia dos alimentos, para balanceamento de dietas, através do NRC – 2001.

*W. P. Weiss
Department of Animal Sciences
Ohio Agricultural Research and Development Center
The Ohio State University, Wooster*

Introdução

Em 2001, foi publicada a 7ª Edição Revisada dos Requerimentos Nutricionais para Gado Leiteiro (NRC, 2001). O principal objetivo da subcomissão era balancear o sistema de energia usado no novo NRC (2001), ou seja, o aporte de energia deveria ser igual ao gasto e produção de energia. Revisões do sistema da versão de 1989 (NRC, 1989) constataram que a ingestão de energia (concentração de energia na dieta vezes a ingestão de matéria seca) era 5 a 7% maior que os gastos energéticos (Vermorel e Coulon, 1998; Weiss, 1998). Como os dois trabalhos sugeriam que o erro estava mais provavelmente relacionado ao aporte de energia e não à definição dos requerimentos (necessidades) de energia, o NRC (2001) alterou completamente a abordagem usada para o cálculo dos valores de energia da dieta. O NRC 2001 também inclui equações atualizadas para estimar as necessidades de energia de gado leiteiro. Este trabalho discute os aspectos gerais do novo sistema de energia do NRC e discute como estas mudanças podem afetar as estratégias de formulação e avaliação de dietas. As equações necessárias podem ser obtidas na publicação (NRC, 2001) e não serão discutidas em detalhe neste trabalho. Foram introduzidas mudanças para todas as classes de animais leiteiros (bezerras, novilhas em crescimento, vacas leiteiras em lactação e vacas secas), mas o escopo deste trabalho será limitado às vacas em lactação.

Problemas do NRC 1989 Associados aos Valores de Energia da Dieta

Diversas edições da “Dairy Requirement Series” do NRC usaram as concen-

trações de nutrientes digestíveis totais (NDT) nas rações que haviam sido medidas em ovinos (mais frequentemente) ou em bovinos alimentados para atender as necessidades de manutenção como base para as concentrações de NEL das dietas de lactação. Esta abordagem apresenta uma série de limitações:

1) A composição das dietas mudou ao longo do tempo devido a diferenças na genética e manejo das culturas, além de diferentes métodos de processamento. Muitos dos valores de NDT foram determinados há décadas e não foram atualizados. Isto significa que a composição de nutrientes de uma ração pode não ter mais relação com o valor de energia. Por exemplo, na publicação para Bovinos de Corte (NRC, 1996), o caroço integral de algodão tem 90% de NDT, 17,5% de extrato etéreo e 51,6% de FDN. Na edição do NRC de 1989, o caroço de algodão tem 90% de NDT, 20% de extrato etéreo e 44% de FDN. Como é possível que duas rações que diferem em 2,5 pontos percentuais em extrato etéreo e em 8 unidades de FDN tenham o mesmo valor de energia? Isto é claramente impossível.

2) O uso de um único valor de energia para um determinado ingrediente de ração supõe que todas as amostras deste ingrediente sempre tenham o mesmo valor de energia, independente de variações na composição de nutrientes. A variação na composição das forragens é um fato conhecido e aceito, mas a composição de nutrientes de concentrados também pode variar consideravelmente (Belyea et al., 1989; Kertz, 1998). Os valores de energia das rações devem refletir esta variabilidade.

3) O nível de ingestão e a composição da dieta afetam a digestibilidade dos ingredientes de ração. A equação usada para converter NDT em NEL inclui um desconto fixo de 8% (NRC, 1989). Este desconto de 8% é baseado em uma redução de 4% na digestibilidade por incremento de ingestão de energia acima do nível de manutenção e supondo um consumo de 3 vezes o nível de manutenção. A vaca Holandesa média nos EUA produz atualmente 3,5 vezes a manutenção, mas existe significativa variação entre vacas e entre rebanhos. A composição da dieta também afeta a digestibilidade dos ingredientes individuais. O melhor exemplo é o efeito negativo que níveis excessivos de grãos (amido) têm sobre a digestibilidade das fibras. Uma determinada ração pode ter uma digestibilidade diferente quando fornecida como parte de uma dieta rica em forragem que quando fornecida como parte de uma dieta com alto teor de grãos. Os valores de energia da ração devem refletir tanto a variabilidade no nível de ingestão quanto de composição da dieta.

O Sistema NRC 2001 para Estimativa de Valores de NEL da Ração

Os valores de NEL da ração são obtidos inicialmente pela estimativa da concentração de energia digestível (ED) das rações quando fornecidas como ingestão de manutenção, a partir de dados da composição da ração. O fator de desconto é calculado usando a ingestão de matéria seca e NDT da dieta total para estimar a ED os níveis produtivos de ingestão. A ED descontada é convertida em energia metabolizável (EM), que por sua vez é então convertida em NEL (Figura 1). Esta abordagem permite considerar as variações na composição da ração, ingestão e composição da dieta. Esta abordagem também significa que os valores de NEL das rações não são constantes. As concentrações de NDT (de manutenção) da maior parte das rações são calculadas usando equações baseadas nas de Conrad et al. (1984) e Weiss et al. (1992). Os dados de composição da ração necessários para estas equações são: fibra detergente neutra (FDN), proteína bruta (PB), cinzas, lignina, gordura bruta (ou ácidos graxos), PB detergente ácida insolúvel (PBDAI) e PB detergente neutra insolúvel (PBDNI). Para a maior parte das rações, valores reais podem ser usados para FDN, PB, cinzas e lignina e valores tabulados podem ser usados para gordura, PBDAI e PBDNI. Se uma ração contém uma concentração significativa de gordura (como caroço de algodão), recomenda-se proceder à análise das gorduras. Concentrações de PBDAI e PBDNI devem ser medidas em forragens que sofreram dano térmico e em subprodutos que contenham altos teores de FDN e PB (como grãos de cervejaria). Os valores de NDT obtidos são usados apenas para calcular o fator de desconto; o valor de NDT não é usado para cálculo direto de outras expressões de energia. As mesmas equações básicas são usadas para calcular ED (de manutenção), com a diferença de que cada fração é multiplicada por um valor apropriado de calor de combustão.

Como o processamento da ração pode afetar a sua digestibilidade, mas não necessariamente sua composição, havia necessidade de um método que levasse os efeitos do processamento em consideração. A subcomissão compilou dados de digestibilidade de experimentos que usaram somente vacas leiteiras em lactação. Estes estudos geralmente comparam a digestibilidade do amido de diferentes fontes (como milho quebrado vs. milho em flocos). A digestibilidade de diferentes rações quanto ao valor para milho seco triturado foi usada para desenvolver um Fator de Ajuste de Processamento (FAP). A digestibilidade estimada da fração de carboidratos não fibrosos (CNF) é multiplicada pelo FAP para levar os efeitos do processamento em consideração. Foi atribuído um FAP de 1,0 para o milho seco

moído. Valores de FAP superiores a 1 foram atribuídos a rações que apresentaram digestibilidade de amido maior que a do milho seco moído e valores de FAP menores que 1 foram atribuídos a rações com digestibilidade do amido menor que a do milho seco moído. O FAP pode ser alterado pelos usuários, que também são capazes de alterar o teor de NEL das rações, principalmente de rações com altas concentrações de CNF. De acordo com uma revisão da literatura, uma variação razoável do valor do FAP é de 0,8 a 1,1. Valores fora desta faixa são extremamente improváveis, exceto para grãos inteiros de milho seco. O FAP das rações na edição de 2001 do NRC representa médias e não está correto para determinadas situações. Por exemplo, milho moído de alto teor de umidade (MS média de 75%) tem um FAP de 1,04. A digestibilidade do amido aumenta à medida que o teor de MS do milho de alto teor de umidade é reduzido. Se milho de alto teor de umidade tem 70% de MS, provavelmente o FAP deveria ser maior (talvez de 1,05 ou 1,06). Milho em flocos tratado com vapor (densidade média de 33 libras/bushel) tem um FAP de 1,04. Se o milho em flocos tem uma densidade mais alta, um FAP mais baixo talvez devesse ser usado. A silagem normal de milho tem um FAP de 0,94, mas o processamento geralmente aumenta a digestibilidade do amido em cerca de 5%. Desta forma, para a silagem processada de milho, o FAP adequado seria de 0,98 ou 0,99.

A ED de manutenção é calculada em base na composição química das rações e FAP. Entretanto, este valor não é adequado quando as rações são fornecidas em níveis mais elevados de ingestão e em dietas totais. O NRC (2001) desenvolveu uma equação de regressão múltipla baseada em nível de ingestão e digestibilidade da dieta total (a digestibilidade da dieta é estimada como NDT da dieta) para estimar o fator de desconto. O desconto aumenta à medida que a ingestão e a digestibilidade da dieta aumentam (Figura 2). A ED (de manutenção) é multiplicada por $(1 - \text{desconto})$ para obter a ED em níveis produtivos de ingestão.

As concentrações de EM da ração são calculadas a partir das concentrações descontadas de ED. O NRC (2001) modificou a ED padrão na equação de EM para incluir a maior eficiência da gordura. O passo final na determinação dos valores de energia da ração é o cálculo das concentrações de NEL a partir dos valores de EM. O NRC (2001) modificou uma equação anteriormente publicada (Moe et al., 1972) para uma estimativa mais precisa de NEL em rações ricas em gordura.

Requerimentos de energia do NRC 2001

As necessidades de manutenção incluem a energia necessária para manter a vaca e permitir uma atividade normal associada à alimentação, percurso de distâncias curtas, etc. Como não foram gerados novos dados que sugerissem que o método de 1989 para o cálculo da energia de manutenção pudesse ser incorreto, não se fizeram alterações. A energia dispendida em atividade física é maior em vacas mantidas a pasto que para as mantidas em confinamento. O NRC de 1989 afirma que as necessidades de manutenção para bovinos mantidos em pastos de boa qualidade devem ser elevadas em 10% (cerca de 1 Mcal de NEL para uma vaca de 1350 libras de peso) e em até 20% quando as vacas são mantidas em pastos de má qualidade. Esta abordagem ignora a distância percorrida pelas vacas para ir e voltar à sala de ordenha e ignora a topografia do terreno. Na edição de 2001, foi incluído um fator de atividade para o cálculo das necessidades de manutenção para vacas mantidas a pasto. O usuário inclui a distância do piquete até a sala de ordenha, o número de deslocamentos entre o piquete e a sala de ordenha e uma avaliação qualitativa da topografia (terreno plano ou montanhoso). Dependendo da distância e da topografia, a atividade de pastoreio pode elevar as necessidades de manutenção em 15 a 50%.

O teor de NEL do leite representa a quantidade de energia bruta nele contida. Os componentes do leite que contêm energia são gordura, proteína e lactose; todos podem ser determinados na rotina pelos laboratórios de análise do leite. Se as concentrações de gordura, proteína e lactose são conhecidas, o valor de energia do leite pode ser calculado com bastante precisão. Os requerimentos de lactação do NRC (2001) são baseados nas concentrações de gordura, proteína e lactose do leite e em seus respectivos calores de combustão. Se a lactose não for conhecida, pode-se supor uma concentração constante de lactose (4,8%), o que não reduz significativamente a precisão. Na publicação de 1989, a energia do leite era expressa relativa ao leite corrigido para 4% de gordura (LCG). Concentrações de proteína e lactose não eram consideradas de forma explícita (pois provavelmente não eram rotineiramente determinadas na época). De maneira geral, a expressão das necessidades de lactação em base de LCG é bastante precisa, pois gordura e proteína do leite apresentam uma correlação positiva e a concentração de lactose é basicamente constante. Entretanto, quando a gordura do leite é reduzida em decorrência de manipulação da dieta, o LCG subestima as necessidades de NEL para lactação. As necessidades de lactação de 2001 (por libra de leite produzido) são maiores para vacas produzindo leite pobre em gordura

e serão maiores para raças que produzem leite com altos teores de proteína (como Jerseys).

Energia necessária para crescimento/ganho de peso e reservas corporais. Na edição de 1989 do NRC, as necessidades de crescimento para vacas de primeira e segunda lactação não foram quantificadas. A comissão simplesmente afirmou que as necessidades de manutenção deveriam ser elevadas em 20 e 10% para vacas de primeira e segunda lactação, respectivamente. Esta abordagem não faz sentido biológico. Uma novilha de primeira lactação que pesa 1350 libras tem uma necessidade de 'ganho de peso' de 1,9 Mcal de NEL/dia, enquanto uma vaca mais leve (1100 libras), que supostamente precisa ganhar mais peso que a outra mais pesada, terá uma necessidade de ganho de peso de 1,7 Mcal/dia. Os modelos de ganho de peso usados no modelo para Gado de Corte (NRC, 1996) foram usados para estimar as necessidades de ganho de peso de vacas leiteiras em lactação (primeira e segunda lactação).

As alterações em reservas corporais refletem variações no balanço de energia; mas não são as mesmas que para ganho de peso. Na versão de 1989, o NEL disponível para leite e manutenção de 1 libra de reservas corporais era de 2,2 Mcal. A energia necessária para restaurar 1 libra de reservas corporais era de 2,3 Mcal de NEL. Na versão de 2001, o escore de condição (ECC) foi incorporado ao sistema usado para calcular a energia necessária para a reposição ou a energia fornecida pela variação nas reservas corporais. Esta abordagem foi adotada pois a composição corporal (gordura e proteína) não é constante para os diferentes escores de condição corporal. Uma vaca magra (ECC 2) tem menos gordura corporal para mobilizar que uma vaca mais gorda (ECC 4). Em média, a perda de 1 libra de reservas corporais de uma vaca com ECC de 2 fornece cerca de 1,7 Mcal de NEL, contra 2,5 Mcal para uma vaca com ECC de 4. Por outro lado, a vaca com ECC de 2 precisa de cerca de 2,0 Mcal de NEL contra 2,8 Mcal para a vaca com ECC de 4 para ganhar 1 libra de reservas corporais.

No NRC de 1989, as necessidades de gestação foram determinadas como sendo 0 até os últimos 60 dias de gestação. Durante os últimos 60 dias de gestação, as necessidades eram de cerca de 3,2 Mcal/dia para uma vaca holandesa média. O NRC de 2001 estabeleceu uma necessidade de gestação a partir de 190 dias até 280 dias. O crescimento fetal é acelerado à medida que a gestação progride e as novas necessidades são calculadas em função do dia de gestação e do peso estimado de nascimento do bezerro. Para uma vaca holandesa

média, as necessidades aos 190 dias de gestação são de cerca de 2,5 Mcal de NEL/dia. Aos 280 dias de gestação, as necessidades são de cerca de 3,7 Mcal de NEL/dia.

Principais Diferenças Entre os Sistemas de 1989 e 2001 do NRC

Embora diversas modificações tenham sido feitas nas equações usadas para estimar as necessidades de NEL de vacas em lactação, as necessidades totais de NEL não diferem significativamente entre os sistemas de 1989 e 2001 para a maior parte das vacas em lactação (Tabela 1). Os requerimentos de energia para uma vaca seca média durante os últimos 60 dias de gestação também são basicamente os mesmos usando o sistema de 1989 ou de 2001; entretanto, as necessidades de NEL de vacas próximas à parição (últimos 21 dias de gestação) serão 0,3 a 0,5 Mcal/dia maiores com o sistema de 2001 que com o de 1989.

Tabela 1. Comparação das necessidades diárias de NEL entre os sistemas do NRC de 1989 e 2001.

	Vaca Holandesa média	Vaca Holandesa com baixo teste de gordura	Vaca Jersey média	Vaca Holandesa mantida a pasto ¹
Peso corporal	1400 libras	1400 libras	1100 libras	1400 libras
Produção leiteira	80 libras	80 libras	55 libras	80 libras
Gordura do leite	3,7%	3,2%	4,7%	3,7%
Proteína do leite	3,0%	3,0%	3,6%	3,0%
NEL (1989)	35,8 Mcal	33,8 Mcal	28,9 Mcal	36,8-37,9 Mcal
NEL (2001)	35,9 Mcal	34,3 Mcal	29,4 Mcal	37,1-40,8 Mcal

¹ Para o sistema de 2001, supôs-se que o piquete estava a 1000 pés de distância da sala de ordenha e a vaca fazia este percurso 4 vezes ao dia (2 ordenhas). Os valores mais baixos supõem terreno plano e os mais altos, terreno montanhoso.

As concentrações de NEL em rações e dietas, ao contrário das necessidades de NEL, podem variar significativamente entre os sistemas de 1989 e 2001 do NRC.

A maior diferença é que as concentrações de NEL das rações *não* são constantes no sistema de 2001; elas variam de acordo com a composição da ração, da dieta e com a ingestão de MS. Muitos usuários do modelo de 2001 do NRC observaram que a substituição da forragem por alimentos ricos em amido (como milho) muitas vezes não aumenta a concentração de NEL da dieta. Este não é um 'bug' do programa, mas reflete o efeito negativo do amido sobre a digestão de fibras. O aumento da proporção de concentrado na dieta nem sempre aumenta sua digestibilidade (ou seja, o teor de energia), mas geralmente aumenta a ingestão de MS, o que leva à maior ingestão de NEL. Conduzimos um estudo (Weiss e Shockey, 1991) comparando silagens de orchardgrass e alfafa em dietas com 20, 40 ou 60% de concentrado (o concentrado era principalmente milho em grão e farelo de soja). A digestibilidade (NDT) foi medida usando coleta total. Embora as dietas apresentassem enormes diferenças em concentração de FDN e da relação forragem/concentrado, os NDT das dietas não foram diferentes. A ingestão de NDT, entretanto, aumentou à medida que a concentração de FDN na dieta foi reduzida e a de concentrado foi elevada (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da redução da relação forragem/concentrado sobre a ingestão e valores de NDT de dietas fornecidas a vacas leiteiras em lactação (Weiss e Shockey, 1991)¹.

Dieta	FDN, %	NDT, %	Ingestão, libras/dia	
			MS	NDT
Silagem de alfafa				
+ 20% de concentrado	35,4	63,1	46,9	29,5
+ 40% de concentrado	30,6	61,7	49,3	30,4
+ 60% de concentrado	25,6	63,9	51,0	32,6
Silagem de Orchardgrass				
+ 20% de concentrado	45,8	66,2	37,6	24,9
+ 40% de concentrado	39,1	65,7	44,7	29,5
+ 60% de concentrado	30,9	69,1	47,3	32,7

¹ A razão de forragem para concentrado não afetou as concentrações de NDT, mas a ingestão de MS e NDT aumentou de forma linear ($P < 0,05$) com níveis crescentes de concentrado.

Em média, as concentrações de NEL da dieta são cerca de 5% mais baixas pelo sistema de 2001, mas diferenças para ingredientes específicos podem ser muito maiores (variação aproximada de -20% a +15%). Algumas das diferenças são decorrentes principalmente da diferente abordagem usada para calcular NEL da ração e algumas das diferenças são decorrentes de alterações na composição das rações. Uma comparação entre os valores de NEL de alguns alimentos selecionados está demonstrada na Tabela 3. Se for aplicado um desconto de 8% (mesmo do NRC de 1989), o teor estimado de NEL (NRC, 2001) de forragens maduras de baixa qualidade será 20 a 25% mais baixo e 10 a 15% maior para farelos de sementes oleaginosas que os valores calculados pelo sistema de 1989. Em média, valores estimados de NEL (NRC, 2001) para feno de forragens de alta qualidade e para concentrados ricos em amido serão semelhantes aos valores de 1989. As concentrações de NEL para silagem de milho e caroço integral de algodão calculadas a partir de dados de composição de nutrientes pelo sistema 2001 do NRC (Tabela de Composição de Rações) serão cerca de 10 e 13% mais baixas, respectivamente, que os valores de 1989 (supondo um desconto de 8%). Como estas rações são de uso comum e de importância econômica, é recomendável discussão adicional a respeito.

Tabela 3. Comparação das concentrações estimadas de NEL (Mcal/libra de MS) usando o sistema de 2001 do NRC os valores tabulados em 1989. Para eliminar efeitos de ingestão de material seca, os valores de 2001 supõem um desconto de 8% (idêntico ao usado em 1989).

Ingrediente	NRC, 1989	NRC, 2001 ¹	
		Composição de 1989	Composição de 2001
Orchardgrass, pleno florescimento	0,55	0,40	0,51
Alfafa, imatura	0,68	0,68	0,63
Alfafa, metade das plantas em florescimento	0,59	0,53	0,58
Silagem de milho, normal	0,73	0,62	0,66

Milho, triturado	0,89	0,94	0,91
Polpa cítrica	0,80	0,74	0,80
Farelinho de trigo	0,71	0,77	0,76
Caroço integral de algodão	1,01	0,98	0,88
Farelo de soja, 44% PB	0,88	0,99	0,97

¹ A coluna identificada como Composição de 1989 usou as equações do NRC de 2001 com os dados de composição nutricional da tabela de composição de rações do NRC de 1989. A coluna identificada como Composição de 2001 usou as equações do NRC de 2001 e dados de composição de rações da tabela de composição de rações de 2001.

Silagem de milho. A concentração de NEL da silagem de milho com alto teor de espigas no NRC de 1989 era de 0,73 Mcal/lb. Segundo minha própria experiência pessoal, os valores de NEL para silagem de milho estimados pelos laboratórios de análise de ração (geralmente estimados usando equações baseadas em FDA) são de 0,73 a 0,77 Mcal/lb. De acordo com dados de produção e mensurações limitadas de NEL (não estimativas) estes valores parecem illogicamente altos. Em um antigo estudo do USDA (Tyrrell e Moe, 1972) em que vacas em lactação receberam uma dieta com 70% de silagem de milho, 16% de milho triturado, 13% de farelo de soja e 1% de minerais, a concentração determinada (através de calorimetria) de NEL da dieta foi de 0,75 Mcal/lb. Se o valor de NEL da silagem de milho for estimado em 0,73 Mcal/lb (NRC, 1989), então o valor de NEL do concentrado (53% de farinha de milho, 44% de farelo de soja e 3% de minerais) seria 0,81 Mcal/lb, ou apenas cerca de 11% maior que o da silagem de milho. Estes dados levantam a seguinte questão: será que um ingrediente de ração consistindo de 40 a 50% de milho de alta umidade e 50 a 60% de forragem muito madura (folhas e haste do milho) tem só cerca de 11% menos energia que a mistura de farinha de milho e farelo de soja?

Um experimento mais recente mostra claramente que o valor de NEL da silagem de milho é inferior ao valor de 1989. Tine et al. (2001) forneceram dietas 100% à base de silagem de milho (híbrido convencional ou a híbrido “midrib” com estria marrom) as vacas secas e uma dieta com 60% de silagem de milho (mesmos híbridos que os fornecidos as vacas secas), 18% de farelo de soja, 13% de farinha de milho, 5% de farelo de soja extrusada, 1% de Megalac e 3% de minerais a vacas

leiteiras em lactação e mediram as concentrações de NEL. As vacas secas foram alimentadas para atender as necessidades de manutenção (14 lbs. de MS/dia) e as vacas em lactação foram alimentadas *ad libitum* (50 e 55 lbs. de MS/dia para o híbrido convencional e “midrib”, respectivamente). A concentração de NEL das silagens de milho quando fornecidas as vacas secas foi de 0,67 Mcal/lb (não houve diferença entre híbridos). A concentração de NEL da dieta total fornecida as vacas em lactação foi de 0,73 Mcal/lb (não houve diferença entre tratamentos). O NEL da dieta com 60% silagem de milho e 40% de concentrado foi praticamente igual à concentração de NEL geralmente usada para silagem de milho. Quando se incluíram os dados de composição da ração, da dieta e de ingestão deste estudo no modelo 2001 do NRC, a concentração estimada de NEL das silagens de milho fornecidas as vacas secas foi de 0,71 Mcal/lb e a concentração estimada de NEL da dieta mista foi de 0,73 Mcal/lb. Estes dados suportam o menor valor de NEL atribuído à silagem de milho no NRC 2001.

Caroço Integral de Algodão. A concentração de NEL do caroço integral de algodão fornecido na composição da ração da tabela de 2001 do NRC é 0,88 Mcal/lb (supondo um desconto de 8%), que é bastante inferior ao valor da tabela de 1989 (1,01 Mcal/lb). Grande parte desta diferença simplesmente reflete as variações no teor de nutrientes do caroço integral de algodão. O valor da tabela de 2001 tem uma concentração média de gordura de 19% (contra 20% em 1989) e uma concentração média de FDN de 50% (contra 44% em 1989). A composição do caroço de algodão pode variar e certos lotes contêm mais gordura e menos FDN que os valores médios da tabela, resultando em concentrações de NEL mais elevadas. Além disso, com o método usado para calcular o fator de desconto, em certas dietas o caroço de algodão pode ter significativamente mais NEL que o valor tabulado. Por exemplo, quando o caroço de algodão substitui uma parte de milho triturado em uma dieta com uma concentração aceitável de forragem e FDN, não se observa diferença em produção de leite (Adams et al., 1995) e quando dados deste experimento foram incluídos no modelo 2001 do NRC, a concentração estimada de NEL das dietas totais foi a mesma (0,75 Mcal/lb), sugerindo que milho triturado e caroço integral de algodão tinham concentrações bastante semelhantes de NEL naquelas dietas. Em uma dieta com altos níveis de concentrado (dieta com baixo teor de FDN), a substituição de uma quantidade significativa de cevada laminada por caroço de algodão aumentou a produção de leite (Smith e Vosloo, 1994) e as concentrações estimadas (NRC, 2001) de NEL da dieta total aumentaram com a inclusão do caroço de algodão (0,73 vs. 0,78 Mcal/lb). Isto sugere que em certas dietas (e em certos níveis de ingestão) o caroço integral de algodão e o milho

triturado podem ter valores semelhantes de NEL, mas em outras dietas, o caroço integral de algodão pode ter significativamente mais NEL que o milho. Isto também mostra claramente que o uso de valores tabulados para comparar valores de NEL em rações não é adequado. Sempre se devem comparar os valores de NEL de uma ração em dietas específicas em níveis específicos de ingestão de MS.

Utilização do Sistema de Energia do NRC 2001 Para a Formulação de Dietas

A dúvida óbvia dos usuários quanto ao sistema 2001 do NRC é: Uma vez que os valores de NEL de rações não são conhecidos até que eu formule a dieta, como posso balancear as dietas para NEL? A resposta é simplesmente que dietas não devem ser especificamente balanceadas para NEL. O balanço de NEL (não a concentração de NEL) deve ser usado para *avaliar*, não formular, dietas. Quando usa o modelo 2001 do NRC, o usuário inclui as informações sobre a vaca (peso corporal, produção de leite, etc.), dados de composição da ração, composição da dieta (tais como composição de ingredientes da dieta) e nível de ingestão de matéria seca (o modelo também estima a ingestão se esta não for conhecida). Depois da inclusão dos dados, o usuário deve avaliar a dieta. Dados pertinentes relativos à energia são encontrados no 'Resumo' e no relatório de 'Aporte de Energia e Proteína'. O relatório de Aporte de Energia e Proteína traz valores estimados de NEL para cada ração. No resumo, os seguintes resultados devem ser avaliados:

- \$ Balanço de NEL (Mcal/dia)
- \$ Produção possível de leite para o NEL (lbs/dia)
- \$ Dias para variação de escore de condição corporal
- \$ Variação diária de peso devida às reservas

O resultado mais importante é o balanço de NEL. Este número é calculado como sendo a diferença entre necessidade total de NEL (manutenção, lactação, ganho de peso e gestação) e ingestão de NEL. Um valor positivo significa que as vacas estão consumindo mais NEL que o necessário e devem estar ganhando condição corporal e peso. Um valor negativo significa que a ingestão de NEL é menor que as necessidades e as vacas irão perder condição corporal e peso. Dependendo do estágio de lactação, um valor positivo ou negativo pode ser aceitável. No início da lactação, todos os mamíferos estão programados a perder gordura corporal para sustentar a

lactação. Desta forma, espera-se que vacas em fase inicial de lactação (aproximadamente os 2 primeiros meses de lactação) estejam em balanço negativo de energia. Um balanço razoável de NEL para os 2 primeiros meses (média de todo o período) para uma vaca holandesa é de cerca de -3 Mcal/dia (o balanço de NEL será mais negativo nas primeiras semanas de lactação e deve estar próximo de 0 ao redor da 8ª semana de lactação). Durante o terceiro e talvez quarto meses de lactação, o balanço de NEL deve estar próximo de 0 e durante os últimos 6 meses de lactação o balanço de NEL deve ser de cerca de +1 Mcal/dia. Ao longo de toda a lactação, o balanço de NEL resultante deve ser próximo de 0, contanto que as vacas iniciem a lactação em boa condição corporal. Se uma dieta formulada não estiver de acordo com estas diretrizes, pode haver necessidade de alterá-la. Por exemplo, se o balanço de NEL for muito negativo no início da lactação, a dieta deverá ser alterada para estimular a ingestão (geralmente a melhor opção) ou para aumentar a densidade energética (o que geralmente é bastante difícil). Caso o balanço de NEL seja alto demais em fase final de lactação, a densidade energética da dieta deverá ser reduzida.

A quantidade de produção possível de leite para o NEL é calculada diretamente do balanço de NEL. Se o balanço de NEL for 0, então a quantidade de produção possível de leite é igual à produção efetiva de leite. Quando o balanço de NEL é negativo, a produção possível de leite será menor ao efetivamente produzido e quando o balanço de NEL for positivo, a produção possível de leite será maior que efetivamente produzida. Na fase inicial da lactação, a quantidade possível de produção de leite deve ser inferior ao efetivamente produzido.

O número de dias para que ocorra alteração de uma unidade no escore de condição corporal e a variação diária de peso também são calculados diretamente a partir do balanço de NEL. O número de dias para que ocorra alteração de uma unidade no escore de condição corporal é uma medida útil para a avaliação do balanço de NEL. A recomendação geral é que as vacas não devem perder mais de 1 (o ideal seria não mais de 0,5) unidade de escore de condição corporal (escala de 1 a 5) durante o início de lactação (primeiros 60 dias). Se a situação em questão resulta em perda mais rápida de condição corporal, são necessárias modificações. Caso o número de dias necessários para que ocorra ganho de um ponto do escore de condição em vacas após o pico de produção de leite sugerir que elas talvez possam estar muito gordas ao final da lactação, também será necessário introduzir modificações da dieta para este grupo.

Resumo

O sistema de cálculo de energia da versão de 2001 do NRC é significativamente diferente do sistema de 1989. Algumas das equações usadas para estimar as necessidades de NEL foram alteradas para incluir maior número de fontes de variação, mas para a vaca típica, as necessidades totais de NEL não serão muito diferentes das calculadas pelo sistema de 1989. A abordagem para calcular o aporte de NEL, entretanto, é completamente diferente. Anteriormente, os valores de NEL eram determinados a partir de concentrações fixas de NDT (ou seja, a partir da tabela). O novo sistema calcula NEL em base de informações fornecidas pelo usuário quanto à composição da ração, da dieta e ingestão de MS. O teor de NEL de rações e dietas não é mais constante. À medida que aumenta a ingestão de MS, as concentrações de NEL são reduzidas e à medida que o teor de grãos da dieta aumenta, a concentração de NEL da dieta aumenta, porém não linearmente (aumentos gradativamente menores). O sistema de 1989 superestimava o teor de NEL de rações, mas o novo sistema de cálculo de NEL parece estimar de forma mais precisa o balanço de NEL para vacas em lactação alimentadas com uma série de dietas. O novo sistema deve ser útil para avaliar os efeitos da dieta sobre as futuras reservas de energia das vacas (i.e., variações na condição corporal).

Referências Bibliográficas

- Adams, A. L., B. Harris, Jr., H. H. Van Horn, and C. J. Wilcox. 1995. Effects of varying forage types on milk production responses to whole cottonseed, tallow, and yeast. *J. Dairy Sci.* 78:573-581.
- Belyea, R. L., B. J. Steevens, R. J. Restrepo, and A. P. Clubb. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *J. Dairy Sci.* 72:2339-2345.
- Conrad, H. R., W. P. Weiss, W. O. Odwongo, and W. L. Shockey. 1984. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. *J. Dairy Sci.* 67:427-436.
- Kertz, A. F. 1998. Variability in delivery of nutrients to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:3075-3084.
- Moe, P. W., W. P. Flatt, and H. F. Tyrrell. 1972. Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.* 55:945-958.
-

National Research Council. 1989. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. Natl. Acad. Sci, Washington DC.

National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press, Washington DC.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Natl. Acad. Press, Washington DC.

Smith, W. A., and L. P. Vosloo. 1994. Effect of whole cottonseed, heat-treated whole cottonseed and whole cottonseed plus lanolin on milk production and composition. S. African J. Anim. Sci. 24:45-48.

Tine, M. A., K. R. McLeod, R. A. Erdman, and R. L. Baldwin VI. 2001. Effects of brown midrib corn silage on the energy balance of dairy cattle. J. Dairy Sci. 84:885-895.

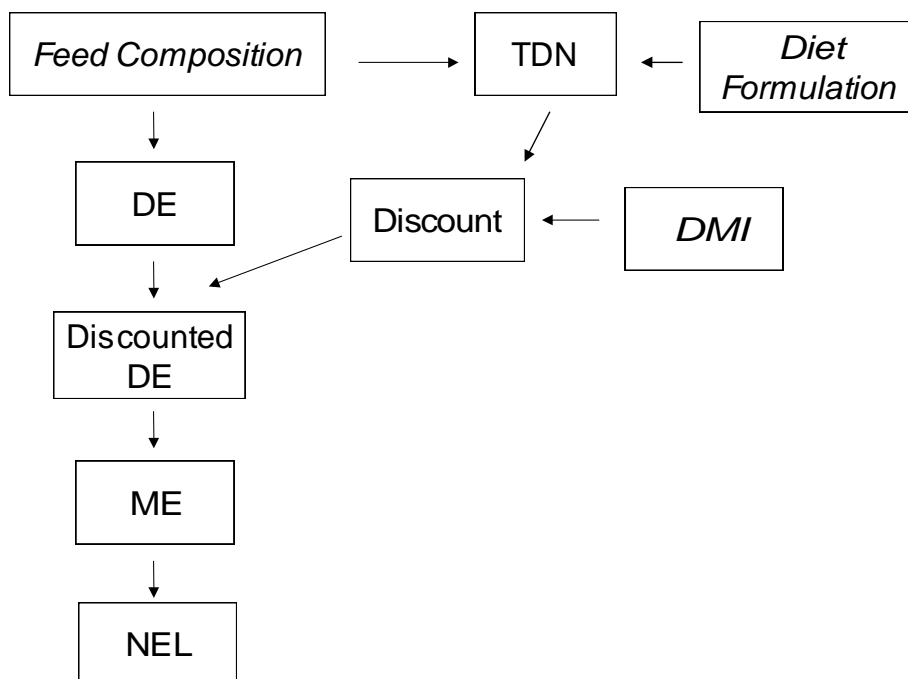
Tyrrell, H. F., and P. W. Moe. 1972. Net energy value for lactation of a high and low concentrate ration containing corn silage. J. Dairy Sci. 55:1106-1112.

Vermorel, M., and J. B. Coulon. 1998. Comparison of the National Research Council energy system for lactating cows with four European systems. J. Dairy Sci. 81:846-855.

Weiss, W. P. 1998. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. J. Dairy Sci. 81:830-839.

Weiss, W. P., H. R. Conrad, and N. R. S. Pierre. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. Anim. Feed Sci. Technol. 39:95-110.

Weiss, W. P., and W. L. Shockey. 1991. Value of orchardgrass and alfalfa silages fed with varying amounts of concentrates to dairy cows. J. Dairy Sci. 74:1933-1943.



Legendas:

Composição da Ração

NDT

Formulação da Dieta

ED

Desconto

IMS

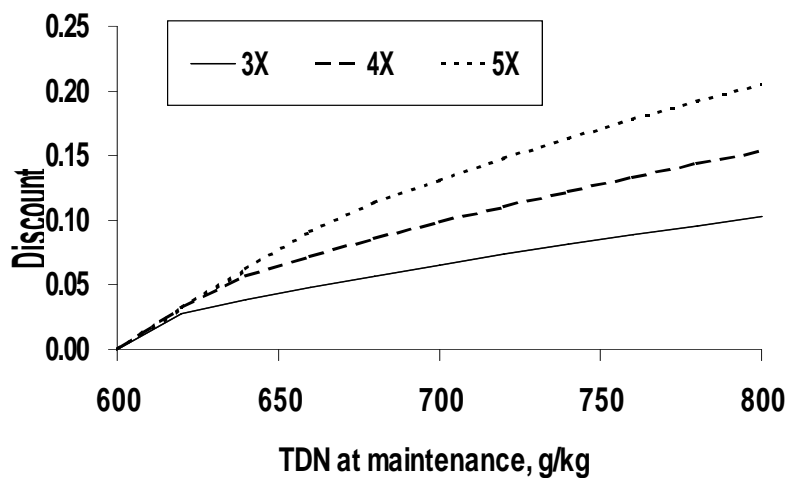
ED

Descontada

EM

NEL

Figura 1. Diagrama do método (NRC, 2001) usado para calcular NEL em rações. Os termos em itálico são inseridos pelo usuário, os demais valores são calculados usando o programa do NRC. O valor 'NDT' representa NDT (de manutenção) de toda a dieta e IMS = ingestão de matéria seca.



Legendas – eixo y - desconto
 - eixo x – NDT de manutenção, g/kg

Figura 2. Fator de desconto calculado usando o NRC 2001. Valores de ED da ração estimados para manutenção são multiplicados por (1 - Desconto) para estimar valores de ED em níveis de ingestão de energia de 3, 4 e 5 vezes a ingestão de energia de manutenção.