

Fatores da Dieta que interferem na ingestão de matéria seca

Mike Allen¹

Department of Animal Science
Michigan State University

Resumo

As características físicas e químicas das dietas podem ter grande efeito sobre o consumo e a produção de leite de vacas leiteiras. Os principais fatores da dieta que afetam o consumo são o efeito de enchimento do rúmen pelas dietas, a fermentabilidade ruminal das dietas, o tipo e quantidade de gordura na dieta e nutrientes que limitam a produção máxima de leite. A distensão do rúmen é um importante fator que afeta o consumo de matéria seca de vacas de alta produção e torna-se o mecanismo mais dominante na regulação do consumo na medida em que aumenta a produção de leite. O efeito de enchimento do rúmen das dietas é determinado principalmente pela concentração e características de digestão da FDN da forragem presente na dieta. O consumo também é regulado pelos combustíveis fornecidos pela dieta, mas os mecanismos regulatórios são muito mais complexos do que a suposição comum, de que os animais comem para atender às suas necessidades energéticas. O local da digestão de amido afeta o tipo de combustível absorvido pelo animal e pode afetar de forma dramática o consumo de matéria seca, com efeito relativamente pequeno sobre o conteúdo energético da dieta. Além disso, as fontes de gordura que fornecem ácidos graxos insaturados ao intestino delgado podem resultar em um consumo de matéria seca mais baixo e possivelmente um menor consumo de energia, ao passo que outras fontes de gordura, que fornecem mais ácidos graxos livres saturados ao intestino delgado, podem aumentar o consumo de energia. O teor de FDN da forragem pode ser usado para formular dietas e a FDN ótima para um grupo de vacas com ingredientes da dieta disponíveis depende da fermentabilidade do amido e da fibra, variação no teor de MS e FDN nas forragens, tamanho da partícula da forragem, o sistema de arração usado e outros fatores. O objetivo da formulação de dietas para vacas de alta produção é proporcionar dietas altamente fermentáveis, com um enchimento ruminal baixo, que resultem em uma fermentação consistente ao longo do tempo. As dietas com forragem com alta FDN irão limitar o consumo, particularmente para as vacas de produção mais alta. Estas dietas com forragem com alta FDN, entretanto, poderiam ser necessárias para maximizar o consumo de energia e a saúde animal, considerando os ingredientes de dieta e o sistema de arração disponíveis.

¹

Introdução

O consumo de MS é uma função do tamanho da refeição determinado pela saciedade e o intervalo de tempo entre as refeições, determinado pela fome. O cérebro recebe muitos sinais diferentes que afetam a saciedade e a fome. Foi proposto que os animais comem a quantidade de uma determinada dieta em particular que minimiza o desconforto total produzido pelos sinais dos vários receptores do organismo para o cérebro. A distensão do rúmen causa desconforto e pode reduzir o consumo de ração, mas animais de alta produção podem tolerar um maior grau de desconforto causado pelo enchimento ruminal físico para compensar o desconforto provocado pela fome. Manipular as dietas para aumentar o tamanho da refeição e aumentar a frequência das refeições pode levar a um maior consumo. Uma melhor compreensão dos mecanismos que regulam o consumo juntamente com a avaliação das respostas dos animais às alterações na dieta permite que sejam feitos os ajustes para otimizar o consumo de MS, bem como otimizar a distribuição de ingredientes das dietas aos animais. Ainda que a regulação do consumo de MS seja muito complexa, os principais fatores da dieta que influenciam a IMS são:

- O efeito das dietas no enchimento do rúmen
- Fermentabilidade ruminal das dietas
- Gordura insaturada que chega ao intestino
- Outros nutrientes que limitam a produção de leite

O presente trabalho trata dos principais fatores da dieta que afetam o consumo de MS e como formular as dietas para aumentar o consumo de energia e maximizar a produção de vacas em lactação.

Distensão do Rúmen

O enchimento ruminal pode limitar o consumo de vacas de alta produção e outras vacas alimentadas com dietas ricas em forragem. Com o aumento da produção de leite, o enchimento ruminal torna-se uma limitação maior ao consumo de MS e, dentro de um grupo, as vacas de produção mais alta geralmente têm o consumo de MS limitado em maior escala pelo enchimento ruminal. Reformular a dieta para diminuir seu efeito de enchimento do rúmen pode aumentar o consumo de MS das vacas de produção mais alta do grupo, mas há uma diminuição no consumo de MS das vacas de produção mais baixa do grupo, e o resultado é que não há diferença perceptível no consumo de ração quando o grupo é considerado como um todo. O consumo de MS das vacas de produção mais baixa do grupo poderia diminuir porque a dieta reformulada, que promove menor enchimento do rúmen, poderia ser mais fermentável e (ou) ter maior densidade energética, o que poderia resultar em refeições de menor tamanho e (ou) um tempo mais longo entre as refeições. A escala em que o consumo de MS é limitado pelo enchimento ruminal em vacas no período peri-parto não é conhecida. É importante observar que o rúmen não precisa estar cheio para que o enchimento ruminal limite o consumo. Há receptores na parede do rúmen que enviam um sinal para o cérebro quando o rúmen é distendido. Dietas com um maior efeito de enchimento do rúmen limitam o tamanho da refeição, mas a fome ocorre mais cedo e o número

de refeições consumidas por dia pode compensar parcial ou totalmente o tamanho menor da refeição.

Os efeitos das dietas no enchimento do rúmen estão relacionados à quantidade, forma e características de digestão da fibra da forragem. A presença de partículas grosseiras de fibra (fibra efetiva, proveniente principalmente da forragem) na dieta é necessária para maximizar a produção de três maneiras pelo menos: 1) estimulação da mastigação, que resulta na secreção de tamponantes salivares, 2) formação de um “mat” ruminal que retém partículas pequenas, aumentando sua digestibilidade ruminal, 3) proporcionar uma fonte consistente de combustível para as bactérias do rúmen, que funciona fornecendo um suprimento constante de combustível para o fígado e a glândula mamária ao longo do tempo. Algumas fontes de fibra são muito eficientes na estimulação da mastigação e formação do “mat” no rúmen (forragens longas e picadas grosseiramente), enquanto que outras não são (a maioria dos subprodutos ricos em fibra). Além disso, as fontes de fibra apresentam grande variabilidade quanto a digestibilidade de FDN e tempo de retenção no rúmen. Todas as três funções mencionadas acima são importantes para maximizar a produção de leite, e as fontes de fibra mais valiosas são aquelas que se mostram eficientes na estimulação da mastigação e formação do “mat” no rúmen, e que também são altamente digestíveis, com um turnover ruminal rápido (menor enchimento do rúmen).

Efeito de Enchimento do Rúmen pelas Dietas

O efeito de enchimento do rúmen de uma dieta é determinado principalmente pela densidade volumétrica inicial das rações, bem como por seu efeito de enchimento ao longo do tempo no rúmen. O efeito global de enchimento do rúmen é determinado principalmente por:

- Teor de FDN da forragem
- Tipo de forragem (leguminosas, gramíneas perenes, gramíneas anuais)
- Digestibilidade da FDN (dentro de uma família de forragem)

A FDN da forragem é inicialmente menos densa, é digerida mais lentamente e é retida no rúmen por período de tempo mais longo do que outros componentes da dieta. O consumo de ração das vacas de alta produção é muitas vezes dramaticamente reduzido pelo aumento da concentração de FDN da forragem na dieta. Diversos estudos encontrados na literatura relataram uma diminuição na IMS de ~ 2,27 a 4,08 kg/dia quando o conteúdo de FDN da dieta foi aumentado de 25 a 35% quando as forragens substituíram os concentrados. Ainda que a maioria dos estudos tenha relatado uma diminuição significativa na IMS com o aumento da FDN na forragem, a resposta na IMS foi variável, dependendo do grau em que o consumo foi limitado pelo enchimento ruminal. As vacas de produção mais elevada são limitadas em maior grau pelo enchimento ruminal e o efeito de enchimento pelas fibras da forragem varia, dependendo do tamanho da partícula e das características de fermentação.

Os experimentos que avaliaram os efeitos do tamanho da partícula da forragem mostraram, de uma forma geral, pequenos efeitos sobre a IMS. Um experimento, entretanto, mostrou pouco

efeito do tamanho da partícula da forragem de alfafa quando administrada em dietas ricas em grãos, mas uma grande redução na IMS foi observada com uma dieta contendo silagem de alfafa mais longa quando administrada em dieta rica em forragem. O consumo de MS poderia ter sido limitado apenas pelo enchimento ruminal no caso da dieta rica em forragem, o que poderia explicar a interação observada.

Aumentar o teor de FDN da dieta usando as fontes de fibra não forragem (FFNF) para substituir as rações à base de concentrados mostrou um pequeno efeito sobre a IMS em estudos relatados na literatura. As FFNF incluem subprodutos com concentrações significativas de FDN como casca de grãos de soja, polpa de beterraba, caroço de algodão, glúten de milho e grãos de destilaria. A fibra nas FFNF tem uma capacidade de enchimento do rúmen provavelmente muito menor do que a FDN da forragem porque promove menor enchimento do rúmen tanto inicialmente (partícula de tamanho menor) como ao longo do tempo, porque é digerida e sai do rúmen mais rapidamente.

A FDN da forragem tem um tempo de retenção ruminal muito mais longo do que outros componentes importantes da dieta. O tempo de retenção no rúmen é mais longo por causa do tamanho inicial da partícula e maior flutuação no rúmen ao longo do tempo, o que é muito diferente entre as forragens. Na medida em que há a maturação da forragem, a fração FDN em geral se torna mais lignificada. A lignina é um componente da parede celular das plantas que ajuda a enrijecer a planta e previne quebras. Também é essencialmente indigestível pelas bactérias do rúmen e limita a fermentação de celulose e hemicelulose. Dentro de um tipo de forragem, o grau de lignificação da FDN está relacionado aos efeitos de enchimento do rúmen da FDN. A fibra que é menos lignificada é eliminada mais rapidamente do rúmen, permitindo que haja mais espaço para a próxima refeição. Em geral, o tempo de retenção ruminal da FDN de gramíneas perenes, entretanto, é mais longo do que para a FDN de leguminosas, apesar de ser menos lignificada. Por causa disto, promove maior enchimento do rúmen e não deve ser incluída em altas concentrações nas dietas de vacas para as quais o consumo de ração é limitado pelo enchimento ruminal, a menos que tenha uma qualidade excepcionalmente alta. O milho é uma gramínea anual e a FDN da silagem de milho é digerida e eliminada do rúmen rapidamente e pode ser uma excelente fonte de FDNF para vacas de alta produção.

O grau de lignificação da FDN é uma maneira útil de estimar os efeitos de enchimento do rúmen da FDN de forragem. **Para calcular a lignificação de FDN: dividir o conteúdo de lignina como porcentagem de MS pelo conteúdo de FDN como porcentagem de MS e multiplicar por 100.** Dados da parte superior do meio-oeste americano indicam que o conteúdo de lignina da FDN de alfafa varia de ~11 a 20% e o conteúdo de lignina da FDN de silagem de milho varia de ~3 a 9%, quando medido como lignina em detergente ácido (ácido sulfúrico). As forragens com FDN lignificadas baixa são particularmente valiosas (exceto gramíneas perenes) e devem ser direcionadas para as vacas de produção mais alta, para permitir que consumam mais

ração e alcancem produção de leite mais alta. Isto é verdadeiro mesmo que a forragem tenha baixo teor de proteína ou alto teor de FDN, pois ambos podem ser compensados pela formulação da dieta. As forragens com maior lignificação da FDN e maior teor de gramíneas perenes devem ser direcionados para os animais cuja IMS não é limitada pelo enchimento ruminal, como as vacas em final de lactação, vacas secas (exceto as que estão perto do parto) e novilhas. A quantidade relativa de gramínea em estandes mais velhos de alfafa pode ser determinada pela proporção de fibra detergente ácida (FDA) para FDN. A FDA representa 50-60% da FDN para gramíneas mas mais de 75% da FDN para leguminosas. A alfafa com a FDA mais alta como porcentagem da FDN e a lignina mais baixa como porcentagem da FDN deve ser direcionada para as vacas de produção mais elevada. Além da maturidade da forragem, o nível de lignificação da FDN também é bastante afetado pelas condições de crescimento, como luz, calor e stress hídrico. A lignificação da FDN não está relacionada ao teor de FDN ou proteína da silagem de alfafa ou milho. Em alguns mercados, o preço da alfafa é estabelecido com base no conteúdo de FDN ou proteína ou VNR (valor nutricional relativo) e não na lignificação da FDN, o que representa uma oportunidade para comprar um valioso ingrediente da dieta (FDN efetivo, digestível) a um preço baixo.

Quando se oferece uma dieta a um grupo de vacas, o consumo de MS das vacas de produção mais alta é limitado principalmente pelo enchimento ruminal, e estas vacas oferecem a maior oportunidade para aumentar o consumo de energia pela formulação da dieta. Quando o efeito do enchimento ruminal da dieta é diminuído, entretanto, podem ocorrer problemas com “slug feeding” (menor número de refeições, refeições maiores), porque as dietas com baixo enchimento ruminal podem ser consumidas rapidamente. Este é um problema comum quando as vacas competem pelo espaço no cocho em instalações com excesso de lotação e exige dietas que tenham maior capacidade de enchimento do rúmen ou sejam menos fermentáveis para prevenir a acidose ruminal.

O baixo pH ruminal resultante de dietas altamente fermentáveis pode reduzir a taxa de digestão da fibra e aumentar os efeitos da dieta no enchimento do rúmen, o que poderia aumentar a distensão ruminal. Ainda que o pH ruminal baixo esteja geralmente associado a dietas ricas em grãos para as quais é menos provável que a distensão venha a restringir o consumo de ração, a fermentabilidade ruminal dos grãos é altamente variável e há relatos de médias diárias de pH ruminal inferiores a 5,7 no caso de dietas com alto teor (> 40%) de FDN. A gordura também pode inibir a digestão no rúmen e pode diminuir o esvaziamento ruminal, e ambos podem aumentar a distensão do rúmen. O teor de proteína bruta das dietas está muitas vezes relacionado positivamente com a IMS de vacas em lactação, e isto se deve, pelo menos em parte, ao aumento dos efeitos da proteína degradada no rúmen sobre a digestibilidade das rações. Supõe-se que o mecanismo envolvido seja uma redução na distensão na medida em que aumenta a digestibilidade da fibra e MS. Há relatos de que o teor de umidade das silagens está negativamente relacionado ao consumo de MS, mas é mais provável que o consumo de forragens

com alto teor de umidade seja limitado pelos produtos da fermentação do que pelo próprio teor de umidade em si.

Fermentabilidade Ruminal das Dietas

A rápida fermentação da dieta ingerida durante uma refeição produz AGV que pode causar a saciedade. Ainda que o acetato seja o ácido graxo volátil (AGV) produzido em maior quantidade no rúmen, o propionato é que tem maior efeito sobre a limitação de consumo. Quando a FDN da dieta é mantida constante, é provável que aumentar a fermentabilidade da dieta com uma fonte de amido rapidamente fermentável, como milho moído com alto teor de umidade, substituindo uma fonte de amido com uma taxa de fermentação mais moderada, como milho seco, resulte em redução do tamanho da refeição e possivelmente diminua a IMS diária. A fermentabilidade das dietas depende das características de digestão e passagem dos ingredientes individuais da ração e das interações entre eles. Geralmente o amido é fermentado mais rapidamente do que a FDN, mas sua passagem é mais rápida. Ainda que CNF (carboidratos não fibrosos) seja muitas vezes usado como um substituto para a fermentabilidade, sua relação com a fermentabilidade é baixa porque há uma grande variação na fermentabilidade do amido e também da FDN de acordo com a fonte.

Os fatores que afetam a fermentabilidade ruminal da fibra incluem o grau de lignificação, a taxa de fermentação e o tempo de retenção ruminal. Como discutido acima, a taxa de fermentação depende das características intrínsecas da dieta e do pH ruminal ao longo do tempo. A taxa de passagem está relacionada ao tamanho da partícula e das características de fermentação que afetam a flutuação no rúmen ao longo do tempo. O tempo de retenção da FDN da forragem varia de 24 a mais de 40 horas para vacas em lactação, dependendo da quantidade de MS consumida, características da dieta e fonte de FDN.

A fermentação ruminal de amido é afetada pelo tamanho da partícula, gelatinização do amido e quantidade e solubilidade de proteínas do endosperma. A laminação a seco e a moagem diminuem o tamanho das partículas dos grãos, o que aumenta a área superficial do grão disponível para as bactérias e, portanto, a taxa de fermentação. A laminação a vapor ou formação de flocos aumentam a área superficial do grão e também gelatinizam o amido, o que aumenta a acessibilidade pelas bactérias e a taxa de fermentação. As proteínas do endosperma envolvem os grânulos de amido e inibem a acessibilidade do amido pelas bactérias do rúmen. Diferentes tipos de grãos, como trigo, cevada, milho e sorgo, apresentam grandes diferenças na quantidade e solubilidade das proteínas do endosperma, o que afeta dramaticamente a taxa de fermentação. No trigo e na cevada, as proteínas do endosperma têm baixas concentrações e maior solubilidade, resultando em taxas de fermentação maiores do que têm o milho e o sorgo. Milhos híbridos têm uma grande variação na quantidade e solubilidade das proteínas do endosperma. Alguns híbridos têm endosperma farináceo com proteínas solúveis e são digeridos mais rapidamente, e outros híbridos têm mais endosperma vítreo com proteínas insolúveis e são mais resistentes à digestão.

A fermentação com alta umidade resulta em proteólise e um aumento na solubilidade das proteínas do endosperma, aumentando a taxa de digestão do amido. Foi demonstrado que a taxa de fermentação do amido e a solubilidade da proteína aumentam com o tempo, depois da ensilagem. Por isso, é esperado que a silagem de milho e o milho com alto teor de umidade tenham uma digestibilidade do amido menor imediatamente após a ensilagem do que meses mais tarde, depois que as proteínas do endosperma tenham se tornado mais solúveis.

A fermentação ruminal de amido varia desde menos de 40% até mais de 90%, dependendo da fonte. A fermentabilidade ruminal depende da taxa de digestão e taxa de passagem do rúmen que, por sua vez, depende das características intrínsecas das dietas individuais, outros componentes da dieta e das características dos animais sendo alimentados. A taxa de digestão do amido para uma dada ração, por exemplo, depende da população de bactérias que digerem amido presente no rúmen. A taxa de fermentabilidade do amido (% por hora) pode aumentar dramaticamente quando o teor de amido fermentável da dieta é aumentado. A taxa de passagem é afetada pelo tamanho e densidade das partículas mas também pelos efeitos de filtragem do “mat” ruminal e pelo nível de consumo. A principal limitação da taxa de fermentação de açúcares é a acessibilidade pelas bactérias ruminais. Ainda que os açúcares do soro do leite ou melaço sejam fermentados muito rapidamente e de forma completa, os açúcares em forragens frescas são menos acessíveis e provavelmente fermentam mais lentamente mas por completo, por causa do longo tempo de retenção das partículas de forragem no rúmen.

A fermentação da matéria orgânica (MO) no rúmen resulta na produção de ácido acético, propiônico, butírico e outros graxos voláteis (AGV). O ácido láctico também é produzido, mas sua taxa de utilização pelas bactérias geralmente é suficiente para manter as concentrações baixas. Se uma dieta se tornar subitamente mais fermentável, as concentrações de ácido láctico podem aumentar e o pH ruminal cair rapidamente porque o ácido láctico é um ácido muito mais forte do que os AGV. Isto acontece quando ocorrem mudanças abruptas na dieta, como a uma fonte de amido mais fermentável substituindo uma menos fermentável, ou quando chuvas pesadas resultam em mais umidade e menos MS. Quando as vacas têm acidose ruminal clínica é por causa das elevadas concentrações de ácido láctico. A consistência crescente em todos os aspectos do seu programa de arração, dando particular atenção à mistura e à variação no conteúdo de MS e FDN da forragem, irá ajudar a prevenir a acidose láctica e permitirá que dietas com um teor mais baixo de FDN da forragem possam ser utilizadas. Em geral, o ácido láctico não é um fator na acidose subclínica, que resulta em menor consumo de energia e baixa eficiência bacteriana. Isto ocorre quando a produção de AGV ultrapassa a capacidade tamponante do conteúdo ruminal, resultando em um declínio no pH ruminal.

Não é conhecido o pH ruminal ideal para maximizar a produção de leite e a eficiência da produção leiteira. Provavelmente varia para vacas e condições de arração diferentes. Sabemos, entretanto, que a digestão de fibra diminui na medida em que o pH é reduzido de ~ pH

6 para pH 5,5 ou menos. Isto ocorre porque o crescimento das bactérias que digerem fibra é inibido quando o pH diminui. Também sabemos que uma vez que as populações de bactérias que digerem fibra são reduzidas, pode demorar muitos dias até que o seu número seja restaurado. Por outro lado, o tempo de duplicação das bactérias que digerem fibra é mais curto e suas populações podem aumentar rapidamente. A implicação da digestão mais lenta de fibra no rúmen é que a fibra promove maior enchimento ruminal e o consumo de ração pode diminuir. Os ácidos produzidos pela fermentação também são absorvidos no rúmen mais rapidamente com o declínio do pH e isto poderia resultar em refeições de menor tamanho. Ainda que isto possa beneficiar as vacas “à beira” da acidose ruminal, poderia resultar em uma menor IMS para outras. O pH ruminal médio durante o dia é muito menos significativo do que a fração de tempo em que o pH ruminal está abaixo de um valor limiar como pH 5,7. Por isso, as decisões de manejo alimentar devem ser tomadas para minimizar a variação não apenas do dia a dia mas também a variação que ocorre durante o dia. Os fatores que afetam a variação no pH ruminal durante o dia incluem aqueles que afetam o número e o tamanho das refeições como discutido acima, e a fermentabilidade das dietas.

A taxa de produção de ácidos pela fermentação depende da quantidade de MO fermentada por unidade de tempo e a eficiência com que as bactérias utilizam a MO para o crescimento. Quando grandes quantidades de MO altamente fermentável são fornecidas às bactérias do rúmen rapidamente, elas algumas vezes dissociam o crescimento da fermentação. Isto é denominado “spilling” da energia, ou seja, a dissipação da energia que não para o crescimento, e é indesejável por duas razões. A primeira é que a produção de proteína bacteriana por kg de MO fermentada será menor. A segunda é que será produzido muito mais ácido por kg de MO fermentada, o que aumenta a carga ácida no rúmen que precisa ser neutralizada ou tamponada. Também resulta em um aumento da taxa de produção e absorção de propionato, que pode diminuir o tamanho da refeição, aumentar o intervalo entre as refeições e diminuir o consumo de ração. As reduções no pH ruminal pela produção excessiva de ácido pela fermentação também podem resultar em uma menor digestão da fibra e uma eficiência ainda menor da produção de proteína bacteriana.

Consistência da Fermentação Ruminal

Um alto nível de fermentabilidade ruminal que seja consistente ao longo do tempo traz muitos benefícios. Isto pode ser conseguido pelo uso de FDN efetiva altamente fermentável e de amido com uma taxa de fermentação moderada e com passagem ruminal de moderada a lenta. Também é importante a alimentação ad libitum e evitar a densidade excessiva dos animais para diminuir o “slug feeding”. As fontes de amido que fermentam rapidamente resultam em uma fermentação mais variável ao longo do tempo, com uma produção muito maior de ácidos pela fermentação após a refeição do que antes da refeição. Uma variação menor na produção de ácido pela fermentação ao longo do tempo traduz-se por um pH ruminal mínimo mais elevado e permite o uso de dietas mais fermentáveis. Um suprimento constante de carboidratos disponíveis no rúmen irá aumentar a eficiência da produção de proteína bacteriana, reduzindo a necessidade

de fontes de proteína protegida de custo elevado. Isto assegura que a produção e absorção de AGV pelo sangue seja consistente, o que ajuda a aumentar o consumo de ração e, possivelmente, resulta em menor liberação de insulina, e por isso há uma partição maior de energia para o leite.

Efeitos da Fonte de Gordura

O efeito da adição de gordura sobre o consumo de energia é uma função de seu efeito sobre o consumo de MS, sobre a digestibilidade da MS da dieta e da digestibilidade de ácidos graxos da fonte de gordura. Os efeitos da gordura sobre o consumo de MS variam muito de acordo com a fonte e não há um efeito observado consistente para sementes oleaginosas ou fontes de gordura hidrogenada, mas há uma redução linear no consumo de MS de mais de 2,5% para cada 1% de ácidos graxos adicionados de sais de cálcio de ácidos graxos de palma e uma redução de cerca da metade da observada para a gordura animal não processada, incluindo sebo e banha. Os ácidos graxos insaturados reduzem mais o consumo de ração do que os ácidos graxos saturados quando é feita infusão no intestino delgado. Parece que os ácidos graxos insaturados que alcançam o intestino são um importante fator para redução do consumo de MS e que mais gordura insaturada chega aos intestinos quando proveniente de ácidos graxos de palma do que quando originária de gordura animal não processada. Relativamente poucos ácidos graxos insaturados alcançam os intestinos com gordura hidrogenada e com sementes oleaginosas, que contêm ácidos graxos que são amplamente biohidrogenados no rúmen. Ainda que grandes quantidades de gordura insaturada presentes na dieta que são rapidamente liberados, como óleo vegetal, possam resultar em uma diminuição da digestão da fibra, as gorduras insaturadas disponíveis no rúmen podem ser incluídas na dieta em níveis moderados (~3% da gordura adicionada), sem inibir a fermentação ruminal. Sementes oleaginosas integrais são uma excelente fonte de gordura porque a gordura é liberada lentamente no rúmen, hidrolisada a ácidos graxos livre e biohidrogenada. Os ácidos graxos livres saturados que chegam ao intestino delgado têm pouco efeito sobre o consumo de MS e são apenas um pouco menos digestíveis do que ácidos graxos livres insaturados que chegam ao intestino delgado e reduzem o consumo de ração, como foi demonstrado. Os ácidos graxos livres hidrogenados não têm um efeito consistente sobre o consumo de ração, têm pouco ou nenhum efeito sobre a fermentação ruminal e podem ser usados para aumentar ainda mais o consumo de energia.

Outros Nutrientes Limitam a Produção de Leite

A disponibilidade limitada de nutrientes que limitam a produção de leite pode reduzir o consumo de MS. E estes podem ser glicose, aminoácidos individuais, ácidos graxos ou outros nutrientes. Os mecanismos envolvidos são complexos e diferem por nutriente limitante, mas a evidência sugere que o consumo de ração pode ser “puxado” pela maior produção de leite. Assim, por exemplo, um maior suprimento de aminoácidos limitantes poderia aumentar a taxa de clearance de combustíveis metabólicos no sangue, aumentando a fome e reduzindo o intervalo entre as refeições.

Formulação de Dietas para Vacas de Alta Produção

Basicamente, a utilidade da informação apresentada acima depende de como é usada para a formulação de dietas. Ainda que o tipo e as características do carboidrato precisem ser considerados na formulação de dietas para todas as vacas, é particularmente importante na formulação de dietas para vacas com alta produção de leite diária, porque o enchimento ruminal limita a IMS destas vacas em maior grau. É preciso alcançar um equilíbrio para a fermentação ruminal de carboidratos. A fermentação de carboidratos no rúmen é desejável para fornecer os combustíveis para o crescimento microbiano e a produção de proteína bacteriana, mas a fermentabilidade da dieta precisa ser limitada para prevenir a produção excessiva de ácidos pela fermentação. A fibra efetiva inadequada ou fermentabilidade excessiva da dieta podem diminuir o pH ruminal, o consumo de ração, a digestibilidade da dieta e a produção de proteína bacteriana. Este é um importante problema em muitas granjas leiteira que resulta em saúde precária e reduz a produção de leite e a lucratividade da granja. Por outro lado, as dietas com excesso de fibra efetiva que promovem maior enchimento do rúmen e dietas que são mal fermentadas também podem resultar em menor produção de leite e menor lucratividade por causa da redução do consumo de energia e produção bacteriana. As duas situações podem ser consideradas como uma oportunidade perdida para a maximização dos lucros da granja. Compreender os complexos fatores que interagem para determinar o consumo de energia e a produção de proteína bacteriana no rúmen pode compensar de forma generosa por resultar em uma maior produção de leite e uma redução dos custos com a dieta. **O objetivo de formular dietas com base nos carboidratos é obter um baixo enchimento ruminal, dietas altamente fermentáveis que resultam em uma fermentação ruminal consistente ao longo do tempo.**

A quantidade de FDN da forragem (FDNF) deve ser usada como a base primária para a formulação da dieta porque é o que melhor representa os efeitos de enchimento do rúmen das dietas e é a principal fonte de fibra efetiva presente nas dietas. As dietas devem ser formuladas com base na concentração de FDNF e não sobre a quantidade consumida por dia, porque as características da dieta afetam a IMS e os carboidratos precisam ser balanceados para obter o ideal em termos de fibra efetiva e fermentabilidade de carboidratos. Balanceado é a palavra chave quando as dietas são formuladas para uma quantidade de FDNF ou FDN efetiva (que poderia ser uma porcentagem do peso corporal), pressupondo-se que há uma necessidade que precisa ser atendida e que independe do resto da dieta. Infelizmente, este conceito não incorpora muito do que sabemos sobre os fatores que afetam o consumo de energia e a produção de proteína bacteriana.

A concentração ideal de FDNF que irá maximizar o consumo de energia de vacas em lactação varia de ~17 a 28% de MS. A figura abaixo ilustra de que forma diversos fatores primários afetam o teor ideal de FDN da dieta.

Concentração ideal de FDN da forragem na dieta, % de MS da dieta

17% -----28%

Fontes de amido e açúcar altamente fermentável >**< FFNF****Rápida taxa de clearance ruminal de FDNF>****FDN alta nas forragens >****Alta variação diária na composição da dieta >****Espaço limitado no cocho >****Sem ração completa, grãos dados raramente >****Forragens finamente picadas >****< Gordura adicionada****< Tampões adicionados**

Como o consumo pode ser limitado pelo enchimento ruminal físico na medida em que aumenta o teor de FDNF da dieta, e FDNF geralmente é menos digestível do que outros componentes da ração, a meta de aumentar o consumo de energia deve ser formular dietas com concentrações menores de FDNF prevenindo, ao mesmo tempo, a produção excessiva de ácidos pela fermentação. A concentração de FDNF dentro desta faixa depende da vaca ou grupo de vacas, as rações disponíveis e o sistema de arração disponível. O teor mínimo de FDNF (17%) deve ser ótimo em relativamente poucas situações por causa de um ou mais fatores limitantes. Começando com o nível mínimo de FDNF, diversos fatores irão exigir um teor ótimo de FDNF, mais elevado, para maximizar o consumo de energia e a produção de proteína bacteriana.

Recomendações

- As fontes de amido com alta digestibilidade ruminal podem resultar em excesso de produção de ácidos pela fermentação e um pH ruminal mais baixo. A alta produção de propionato a partir de dietas altamente fermentáveis também pode limitar a IMS. Estas fontes incluem cevada e trigo laminados, milho com alto teor de umidade moído, milho floculado a vapor, silagem de milho finamente laminado, resíduos de padaria e fontes de açúcar como melaço, soro de leite e polpa cítrica. Ajustar o local de digestão do amido pela alteração da degradabilidade ruminal do amido. Isto é facilmente conseguido com uma fonte de amido com menor degradabilidade ruminal substituindo uma com degradabilidade ruminal mais alta. É importante usar fontes de amido com alta digestibilidade em todo o trato para maximizar o consumo de energia. Milho seco finamente moído é geralmente menos fermentável do que cevada, milho floculado a vapor de baixa densidade ou milho com alto teor de umidade moído, e pode ser usado para manipular o local de digestão do amido por causa de sua alta digestibilidade em todo o trato. É menos desejável o uso de milho ou sorgo grosseiramente laminados porque a digestibilidade em todo o trato é menor para estas fontes de amido. A substituição de uma fonte de amido menos fermentável como o milho seco moído por milho de alto teor de umidade pode aumentar a IMS quando for limitada pela produção de propionato e aumentar a eficiência bacteriana.

- Na dieta, as concentrações de carboidratos degradados muito rapidamente (fontes de açúcares e amido como trigo e cevada) devem ser limitadas. A fermentação rápida de carboidratos pode reduzir a eficiência da produção bacteriana de proteína e limitar o tamanho da refeição. Para maximizar a eficiência bacteriana, deve-se fornecer proteína degradada no rúmen adequada.
 - Evitar a que a laminação da silagem de milho seja muito fina. Ajustar os cilindros para que as espigas e a maioria dos grãos estejam na peneira do meio do separador de partículas por tamanho da Penn State (Penn State Particle Size Separator). A laminação demasiado fina da silagem de milho pode resultar em uma fermentação excessiva do amido no rúmen.
 - A fermentabilidade da dieta também pode ser ajustada usando FFNF como polpa de beterraba ou casca de grãos de soja para substituir amido. Esta poderia ser uma alternativa razoável para alterar o local da digestão de amido, dependendo dos preços relativos da FFNF em relação às fontes de amido. A taxa de fermentação da FDN de FFNF geralmente é mais lenta do que a de amido e açúcares e há uma menor produção de propionato. Também a taxa de fermentação da fibra (FDN e pectina) diminui com o pH ruminal. O benefício resultante é a limitação da queda no pH ruminal após as refeições, mas poderia reduzir a digestibilidade da FFNF. Como a efetividade de FFNF em geral é muito baixa e como são geralmente altamente fermentadas, não promovem o enchimento do rúmen como a FDN da forragem e têm pouco efeito sobre a IMS quando utilizadas para substituir grãos. A adição de FFNF pode resultar em grandes reduções na FDNF ótima das dietas. Ainda que isto seja desejável para minimizar o efeito e enchimento do rúmen, poderia não maximizar o consumo de energia por causa da possível passagem rápida pelo rúmen, o que resultaria em uma digestibilidade diminuída.
 - Evitar o uso de fontes de amido que são mal fermentadas como silagem de milho seco, ou ainda milho ou sorgo grosseiramente laminados na dieta de vacas de alta produção. Dietas que são mal fermentadas podem resultar em uma diminuição na produção bacteriana e nos combustíveis para a produção de glicose e lactose de leite. Esta é uma ocorrência comum na parte superior do meio-oeste americano, onde o milho é colhido com maturação excessiva e muitos grãos passam pelo rúmen e através da vaca sem serem digeridos. Nestas condições, o consumo de ração não é limitado por propionato porque a fermentabilidade da dieta é reduzida e o consumo de ração aumenta até que o enchimento ruminal se torne uma limitação. Isto pode resultar em um aumento da taxa de passagem, diminuindo a digestibilidade e a eficiência alimentar. Muitas vezes a produção de leite diminui apesar do maior consumo de MS porque há uma diminuição da digestibilidade da dieta. A solução é aumentar a fermentação no rúmen minimizando o teor de milho pouco fermentado e adicionando carboidrato fermentável à dieta. Muitas vezes, a fermentabilidade do milho seco no silo aumenta com o tempo na medida em que as proteínas do endosperma são solubilizadas.
 - Uma alternativa para limitar a fermentabilidade da dieta é aumentar o teor de FDNF na dieta. Mas, a menos que a FDNF seja digerida e passe rapidamente pelo rúmen, esta abordagem irá aumentar o efeito da dieta no enchimento do rúmen e reduzir a IMS quando limitada pelo enchimento ruminal.
-

- O arraçoamento com FDN altamente fermentável, com alto turnover ruminal, irá exigir um teor mais alto de FDNF na dieta, mas irá permitir um maior consumo de energia e proporcionar uma fonte de energia mais consistente para a vaca durante o dia todo. As forragens com FDN com alto turnover ruminal incluem alfafa com baixa lignificação da FDN (< 16% nos dados do meio-oeste americano), silagem de milho com baixa lignificação da FDN (< 6% nos dados do meio-oeste americano). Foi demonstrado que a silagem de milho midrib com nervura marrom tem altas taxas de clearance ruminal, permitindo uma maior IMS quando existirem limitações de enchimento ruminal. Em um experimento recente, a resposta à silagem de milho midrib com nervura marrom em produção de leite foi muito mais alta para vacas de alta produção, possivelmente com IMS limitada pelo enchimento ruminal, do que para as vacas de baixa produção.
 - O teor de FDN das forragens influencia a fermentabilidade e a concentração ótima de FDNF da dieta. As forragens como gramíneas ou alfafa madura com altos teores de FDN exigem muito mais grãos ou FFNF para a formulação ótima de dietas. Como os suplementos geralmente são mais fermentáveis do que as forragens, as concentrações de FDNF precisam ser mais altas mas isto poderia diminuir a IMS. Alfafa não madura ou silagem de milho com baixos teores de FDN (< 36%) exigem teores muito altos de forragem na dieta. Como as forragens têm densidade energética menor do que a maioria dos grãos e FFNF, a densidade energética da dieta é mais baixa para as dietas que contêm altas concentrações de forragens com FDN baixa. A menos que a forragem tenha FDN de alta digestibilidade, o consumo de energia poderia ser restringido, limitando a produção de leite.
 - A variação na MS e (ou) FDN das forragens irão causar grande variação na FDNF e fermentabilidade da ração. Vacas consumindo dietas pobres em FDNF não são capazes de lidar com esta variação. Se o teor de FDNF da ração diminui e a fermentabilidade aumenta, pode ocorrer acidose ruminal. Se, entretanto, o teor de FDN ou MS da forragem aumentar e não for detectada nem corrigida, o consumo de energia será um pouco reduzido e este não é um grande problema para a saúde animal. Por isso, quando a variação for esperada, será preciso administrar níveis de FDNF mais elevados para diminuir o risco de acidose.
 - Deve ser feito um esforço para reduzir a variação quando as forragens são colhidas (ou compradas) e armazenadas. Os lotes individuais de forragem devem ser identificados e testados. Evitar o envio de forragens frescas para teste porque a respiração de açúcares durante o trânsito resulta em um aumento na concentração de fibra, diminuindo o conteúdo de energia líquido previsto em comparação com o que é oferecido aos animais. Congelar a forragem fresca antes do envio aos laboratórios não é uma alternativa porque o teor de fibra das amostras frescas congeladas aumenta durante o descongelamento. A variação na MS e na qualidade da forragem é muitas vezes um problema para a silagem. Os silos do tipo bunker têm menor variação diária do que os silos verticais ou sacos porque o seu enchimento se faz em camadas, que tendem a ser misturadas quando retiradas do silo. Por outro lado, podem ocorrer mudanças abruptas na MS ou FDN quando a silagem é retirada de silos verticais ou sacos. A concentração de MS deve ser testada rotineiramente. A frequência dos testes depende do nível de variação e do tipo do silo. A MS da silagem em silos verticais deve ser testada duas vezes por semana e quando forem observadas mudanças, mas a silagem de silos tipo bunker pode ser testada com menor frequência. Misturar a silagem de partes secas e
-

úmidas quando retirada do silo to tipo bunker pode ajudar a reduzir a variação, particularmente depois de chuvas intensas.

- Restringir a concentração de ingredientes individuais com qualidade ou MS variável. A variação nos ingredientes que representam uma grande fração da dieta pode ter um grande efeito sobre a FDNF e as características de fermentação da dieta toda. A variação nas forragens e outros ingredientes pode ser ajustada se tiverem relativamente poucos efeitos sobre a dieta total.
 - A seleção feita pelo animal pode causar variação nas dietas consumidas durante o dia. A seleção pode ser reduzida quando as forragens são picadas em partículas menores, pela laminação da forragem de milho, evitando rações secas e dando ração aos animais mais do que uma vez por dia.
 - O uso de TMRs no arraçãoamento permitirá concentrações menores de FDNF. As TMRs têm uma grande vantagem porque os carboidratos rapidamente fermentados são consumidos juntamente com a fibra efetiva, que limita o tamanho das refeições e o declínio do pH após as refeições. Os concentrados podem ser administrados separadamente mas devem ser dados quatro ou mais vezes por dia e as fontes de amido rapidamente degradadas devem ser limitadas.
 - Utilizar dietas com partícula de comprimento adequado. O comprimento das partículas é reduzido quando as forragens são picadas. Nova redução ocorre quando a silagem de milho é processada e as forragens são ensiladas em sacos por verrumas durante o enchimento. O tamanho das partículas também é reduzido quando as dietas são misturadas em muitos misturadores de TMR. Deve ser usado um tempo de mistura constante que seja suficiente para misturar adequadamente as TMRs e que ao mesmo tempo evite a redução excessiva do comprimento das partículas. Finalmente, as partículas são reduzidas ainda mais quando ingeridas pela vaca. A fibra efetiva é necessária para formar um “mat” ruminal que retém de forma seletiva as partículas pequenas no rúmen e para estimular a ruminação. Ainda que haja poucos ganhos em efetividade da FDN ao manter partículas de comprimento além de um certo ponto, o tamanho de partícula em TMRs consumidas pelas vacas às vezes é inadequado. O separador de partículas por tamanho da Penn State, fornecido pela NASCO, é útil para monitorar as mudanças no tamanho das partículas pelo tratamento mecânico e assegurar tamanho de partícula adequado nas TMRs. Para fornecer partículas de tamanho adequado, menos de 40% da TMR deve ser recuperada na caixa inferior depois de peneirar. Quando mais do que 10-15% da TMR for recuperado na peneira superior, a TMR estará mais sujeita a separação pelos animais. Isto deixa mais de 45% na peneira do meio, que proporciona a maior parte da FDN efetiva da dieta. As dietas contendo silagens que são picadas em partículas demasiado finas podem beneficiar-se pela inclusão de 1-1,5 kg de feno picado com partículas longas para melhorar a efetividade de FDN.
 - A adição de tampões à dieta pode aumentar a capacidade de tamponamento do líquido ruminal e ajudar a atenuar a redução no pH após uma refeição. Não terão, contudo, um grande efeito sobre a concentração ótima de FDNF na dieta.
-

- Dietas com adição de gordura requerem um pouco menos de FDNF porque a gordura não é fermentada no rúmen com formação de ácidos. Ainda que a gordura possa ser incluída nas dietas para aumentar o consumo de energia além do que pode ser conseguido pela formulação da dieta com base nos carboidratos, foi demonstrado que algumas fontes de gordura reduzem a IMS e poderiam não melhorar o consumo de energia. As melhores fontes de gordura para aumentar o consumo de energia são aquelas que fornecem mais ácidos graxos livres saturados e menos ácidos graxos livres insaturados e triglicérides saturados ao intestino delgado. Estas fontes incluem sementes oleaginosas como caroço de algodão e soja integral em quantidades limitadas e produtos contendo ácidos graxos livres hidrogenados. As fontes de gordura que contêm grandes quantidades de triglicérides saturados devem ser limitadas por causa da baixa digestibilidade dos ácidos graxos. As fontes que fornecem gordura insaturada em uma forma protegida podem resultar em redução do consumo de ração. Uma consideração adicional a se fazer quando forem usadas fontes de gordura com ácidos graxos poli-insaturados é que o teor de gordura do leite poderia ser reduzido pelos ácidos graxos trans produzidos no rúmen.
- Agrupar as vacas por produção de leite irá ajudar a aumentar o consumo de energia porque as dietas podem ser formuladas de forma mais precisa para atender às suas necessidades. Vacas de alta produção devem ser alimentadas com dietas com baixo enchimento ruminal para maximizar o consumo de energia. As vacas de menor produção, entretanto, podem receber dietas com teor de FDNF mais alto, que traz o benefício de um suprimento mais consistente de combustível durante todo o dia. Um suprimento de nutrientes mais consistente poderia ajudar na partição, direcionando mais combustíveis para o leite e ajudando a prevenir a condição corporal excessiva. Uma ampla variação na IMS e na produção de leite nas vacas de um mesmo grupo tornam difícil otimizar a concentração de FDNF para todas as vacas do grupo.

Conclusões

Os diferentes fatores discutidos acima são importantes na formulação de dietas para maximizar o consumo de energia e a produção de proteína microbiana. As complexas interações entre estes fatores impedem a previsão exata da concentração ótima de FDNF para vacas ou grupos de vacas. As dietas devem ser formuladas avaliando a resposta da vaca às alterações na dieta e ajustando a dieta com base nesta resposta. Em geral, um teor de FDNF mais baixo permite um consumo de energia mais elevado e uma maior produção de leite. As exceções são quando a FDNF é altamente fermentável, o que permite um teor de FDNF mais alto e um maior consumo de energia, e quando as taxas de passagem de FDNF em dietas pobres em FDNF são excessivas e a digestibilidade é reduzida. As dietas com ótimo teor baixo de FDNF terão fontes de amido com fermentação ruminal moderada, partículas de forragem que são suficientemente longas, teor de FDN da forragem de moderado a baixo, serão dadas aos animais como TMR e terão pequena variação diária. Dietas com alto teor de FDNF irão limitar o consumo de energia por vacas de alta produção. O alto teor de FDNF, entretanto, poderá ser necessário quando forem usadas fontes de amido rapidamente fermentadas ou forragens finamente picadas ou quando o espaço no cocho for limitado, o arração com grãos não for freqüente, ou quando a variação nos ingredientes da ração for grande. A informação aqui apresentada pode ser usada para desenvolver uma estratégia

para maximizar o consumo de energia e a produção de proteína bacteriana e deve ser refinada com a experiência.

Referências

Informações e referências mais específicas com relação aos fatores da dieta que afetam o consumo de matéria seca estão disponíveis na seguinte referência:

Allen, M. S. 2000. Effect of diet on short-term regulation of feed intake by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
