



Gado de Corte

Esta publicação reúne o conteúdo de diversos materiais técnicos elaborados por pesquisadores da Embrapa e instituições parceiras, utilizados em cursos voltados a profissionais da área de bovinocultura de corte, assim como para produtores em busca de informações sobre como melhorar o desempenho de seus rebanhos.

Aqui estão discutidos os principais tópicos da nutrição de bovinos de corte aliados às práticas de alimentação recomendadas para as condições predominantes da pecuária brasileira. Além da aplicação prática, são apresentadas em linguagem objetiva, as razões e procedimentos para uso de determinadas técnicas nutricionais e análises de laboratório, mostrando sua importância para o sistema produtivo.

Como o próprio título indica, ao apresentar FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES, este livro pode servir como texto base para cursos, aulas e treinamentos, bem como ser utilizado por técnicos e produtores na elaboração de projetos, sendo uma referência muito útil em seu dia a dia no campo.

Patrocínio:



Serviço Nacional de
Aprendizagem Rural



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Nutrição de bovinos de corte

Embrapa



Editores técnicos

Sérgio Raposo de Medeiros
Rodrigo da Costa Gomes
Davi José Bungenstab

Nutrição de bovinos de corte

FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES



Serviço Nacional de
Aprendizagem Rural





Nutrição de bovinos de corte

FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Nutrição de bovinos de corte

FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

Editores técnicos

*Sérgio Raposo de Medeiros
Rodrigo da Costa Gomes
Davi José Bungenstab*

Embrapa
*Brasília, DF
2015*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte

Avenida Rádio Maia, 830 – Zona Rural

CEP 79106-550 - Campo Grande, MS

Telefone: (67) 3368-2000

Fax: (67) 3368-2150

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Gado de Corte

Comitê Local de Publicações da Embrapa Gado de Corte

Presidente: *Pedro Paulo Pires*

Secretário-executivo: *Rodrigo Carvalho Alva*

Membros:

Andréa Alves do Egito

Elane de Souza Salles

Roberto Giolo de Almeida

Davi José Bungenstab

Guilherme Cunha Malafaia

Lucimara Chiari

Supervisão editorial e revisão de texto: *Rodrigo Carvalho Alva*

Normalização bibliográfica: *Elane de Souza Salles*

Foto da capa: *Josimar Lima do Nascimento*

Projeto gráfico, capa, editoração eletrônica e tratamento das ilustrações: *Rosane Guedes*

1ª edição

1ª impressão (2015): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Direitos Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Gado de Corte

Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações / editores técnicos, Sérgio Raposo de Medeiros, Rodrigo da Costa Gomes, Davi José Bungenstab. -- Brasília, DF : Embrapa, 2015.

176 p. : il. color. ; 17 cm x 24 cm.

ISBN: 978-85-7035-419-8

1. Produção animal. 2. Pecuária de corte. 3. Nutrição de bovinos. I. Medeiros, Sérgio Raposo de, ed. II. Gomes, Rodrigo da Costa, ed. III. Bungenstab, Davi José, ed. V. Embrapa Gado de Corte.

CDD 21.ed. 636.2

© Embrapa 2015

Autores

EDITORES TÉCNICOS

Sérgio Raposo de Medeiros

Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Gado de Corte na área de nutrição animal, com ênfase em eficiência e exigências nutricionais de bovinos de corte.

Rodrigo da Costa Gomes

Zootecnista, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Gado de Corte na área de nutrição de bovinos de corte

Davi José Bungenstab

Médico-Veterinário, Dr.

Pesquisador da Embrapa Gado de Corte na área de sustentabilidade e eficiência de sistemas

AUTORES

Alessandra Corallo Nicacio

Médica-Veterinária, Dra.

Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte na área de reprodução de bovinos com ênfase em biotecnologia da reprodução

Amoracyr José Costa Nuñez

Engenheiro-Agrônomo, D.Sc.

Pós-doutorando na Universidade de Purdue, EUA na área de nutrição de bovinos de corte com ênfase em nutrição de vacas gestantes e seus efeitos sobre o desenvolvimento das crias

Carolina Tobias Marino

Médica-Veterinária, D.Sc.

Pós-doutoranda na Embrapa Gado de Corte (PNPD-CNPq/CAPES) na área de nutrição de ruminantes, com ênfase em fermentação ruminal e metodologias de experimentação

Ériklis Nogueira

Médico-Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Pantanal na área de reprodução de bovinos de corte com ênfase em Biotecnologia da reprodução

Geovani Bertochi Feltrin

Engenheiro-Agrônomo, B.Sc.

Mestrando pela ESALQ/USP na área de nutrição animal com ênfase no ponto ótimo econômico de abate de bovinos.

Luiz Orcírio Fialho de Oliveira

Engenheiro-Agrônomo, Médico-Veterinário, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Pantanal na área de nutrição de bovinos com ênfase em suplementação a pasto e avaliações de consumo

Tiago Zanett Albertini

Médico-Veterinário, D.Sc.

Pós-doutorando pela USP/ESALQ na área de nutrição de bovinos, trabalha com exigência nutricional de bovinos de corte e modelagem aplicada a modelos biológicos.

Agradecimentos

Ao SENAR/MS.

Apresentação

Partindo do ditado popular de que “produtividade entra pela boca”, este pode ser transferido seguramente para a produção de proteína de origem animal de qualidade. A nutrição é um dos pilares do tripé genética – alimentação – saúde, que assegura e confere dinamismo ao sistema de produção de bovinos de corte. O aumento da produtividade de carne e leite é uma das alternativas para o incremento da produção sem a necessidade de uso e abertura de novas áreas para pastagens.

Neste contexto, a Embrapa Gado de Corte desde sua origem, quando teve como primeiros desafios o entendimento, estudos e a busca de soluções para as deficiências minerais de bovinos no Brasil, vem desenvolvendo soluções tecnológicas aplicadas e absorvidas pelo segmento de insumos para nutrição e por atores diversos da cadeia produtiva da pecuária de corte.

Cerca de 95% da produção de carne no Brasil é sob pastagens, mais de 80% do rebanho é de corte e cerca de 5% é produzida sob confinamento. Esses dados suportam a importância da nutrição para a produção de carne e leite, ao mesmo tempo que revelam o potencial de crescimento e contribuição que esta ciência tem para contribuir com a cadeia produtiva da pecuária bovina.

Hoje podemos dizer que é raro no mundo pecuário brasileiro não se fazer uso de tecnologias associadas à nutrição de bovinos, seja na mineralização, na suplementação, na terminação a pasto, em confinamento, dentre outras. Em cada fazenda, em cada bovino, há um pouco de tecnologias nutricionais.

Com os desafios presentes, mais uma tecnologia é ofertada por meio desta obra que congrega o conhecimento multidisciplinar de diversos especialistas da Embrapa e de instituições parceiras. A obra é organizada em 10 capítulos que descrevem os conceitos, os conhecimentos, as técnicas, as estratégias e experiências em nutrição de bovinos.

Conteúdos que abordam desde o valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes, a partição de energia e sua determinação, as proteínas como elemento essencial, os carboidratos, os lipídios, os minerais e vitaminas, os aditivos alimentares, passando por temas relacionados às exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte, as estratégias alimentares para bovinos de corte – suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento –, até a nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte. Conta ainda com a descrição de uma metodologia prática do uso de forno micro-ondas para medida da matéria seca de volumosos *in natura*.

Esta é mais uma grande contribuição aplicada que a Embrapa e seus parceiros levam aos atores e estudiosos da cadeia produtiva da pecuária bovina.

Boa leitura!

Cleber Oliveira Soares

Chefe-Geral da Embrapa Gado de Corte

Prefácio

O Brasil abriga, hoje, o maior rebanho bovino comercial do mundo, embora ainda apresente índices produtivos e econômicos pouco representativos de uma pecuária desenvolvida. Um quadro que pode mudar a partir do maior conhecimento sobre as exigências nutricionais das diferentes categorias animais e os fatores que as afetam. Afinal, a eficiência no manejo alimentar dos animais tem o potencial de gerar um grande impacto econômico nos sistemas de produção de carne.

O conhecimento sobre nutrição permite ao técnico a adoção de estratégias de manejo para alcançar maior eficiência alimentar e econômica. As diversas possibilidades de combinações de produtos podem resultar em um alimento que ofereça o máximo de nutrição ao menor custo.

O Sistema CNA/SENAR investe na atualização permanente de seus instrutores para que as novas tecnologias cheguem a quem realmente precisa, o produtor. Um bom exemplo foi a capacitação tecnológica para técnicos e instrutores em bovinocultura de corte realizada pelo SENAR e a EMBRAPA, em 2013 e 2014, na unidade Gado de Corte, em Mato Grosso do Sul.

Os pesquisadores mostraram o que de mais moderno e usual tem sido utilizado nessa área para ser repassado aos produtores. Todo o treinamento de 160 horas, com 40 dedicadas exclusivamente à nutrição animal, foi filmado e disponibilizado no portal de educação a distância do SENAR, para atender profissionais do Brasil inteiro.

Com essa publicação sobre nutrição animal, elaborada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o SENAR oferece mais uma importante ferramenta para auxiliar o pecuarista brasileiro a investir cada vez mais e melhor em seu rebanho. É dessa maneira que o nosso País continuará liderando a produção e exportação de carne no mundo.

João Martins da Silva Junior

*Presidente da Confederação da Agricultura
e Pecuária do Brasil e do Conselho Deliberativo do SENAR*

Sumário

CAPÍTULO 1 Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação, 1

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*

CAPÍTULO 2 Partição de energia e sua determinação na nutrição de bovinos de corte, 17

*Sérgio Raposo de Medeiros
Tiago Zanett Albertini*

CAPÍTULO 3 Proteínas na nutrição de bovinos de corte, 27

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*

CAPÍTULO 4 Carboidratos na nutrição de gado de corte, 45

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*

CAPÍTULO 5 Lipídios na nutrição de ruminantes, 63

*Sérgio Raposo de Medeiros
Tiago Zanett Albertini
Carolina Tobias Marino*

CAPÍTULO 6 Minerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte, 77

*Carolina Tobias Marino
Sérgio Raposo de Medeiros*

CAPÍTULO 7 Aditivos alimentares na nutrição de bovinos de corte, 95

*Carolina Tobias Marino
Sérgio Raposo de Medeiros*

CAPÍTULO 8 Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte, 107

Tiago Zanett Albertini

Sérgio Raposo de Medeiros

Rodrigo da Costa Gomes

Geovani Bertochi Feltrin

CAPÍTULO 9 Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento, 119

Rodrigo da Costa Gomes

Amoracyr José Costa Nuñez

Carolina Tobias Marino

Sérgio Raposo de Medeiros

CAPÍTULO 10 Nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte, 1141

Ériklis Nogueira

Luiz Orcírio Fialho de Oliveira

Alessandra Corallo Nicacio

Rodrigo da Costa Gomes

Sérgio Raposo de Medeiros

ANEXO Uso de forno micro-ondas para medida da matéria seca de volumosos *in natura*, 157

Sérgio Raposo de Medeiros

Referências bibliográficas, 161

CAPÍTULO 8 Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte, 107

Tiago Zanett Albertini

Sérgio Raposo de Medeiros

Rodrigo da Costa Gomes

Geovani Bertochi Feltrin

CAPÍTULO 9 Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento, 119

Rodrigo da Costa Gomes

Amoracyr José Costa Nuñez

Carolina Tobias Marino

Sérgio Raposo de Medeiros

CAPÍTULO 10 Nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte, 1141

Ériklis Nogueira

Luiz Orcírio Fialho de Oliveira

Alessandra Corallo Nicacio

Rodrigo da Costa Gomes

Sérgio Raposo de Medeiros

ANEXO Uso de forno micro-ondas para medida da matéria seca de volumosos *in natura*, 157

Sérgio Raposo de Medeiros

Referências bibliográficas, 161

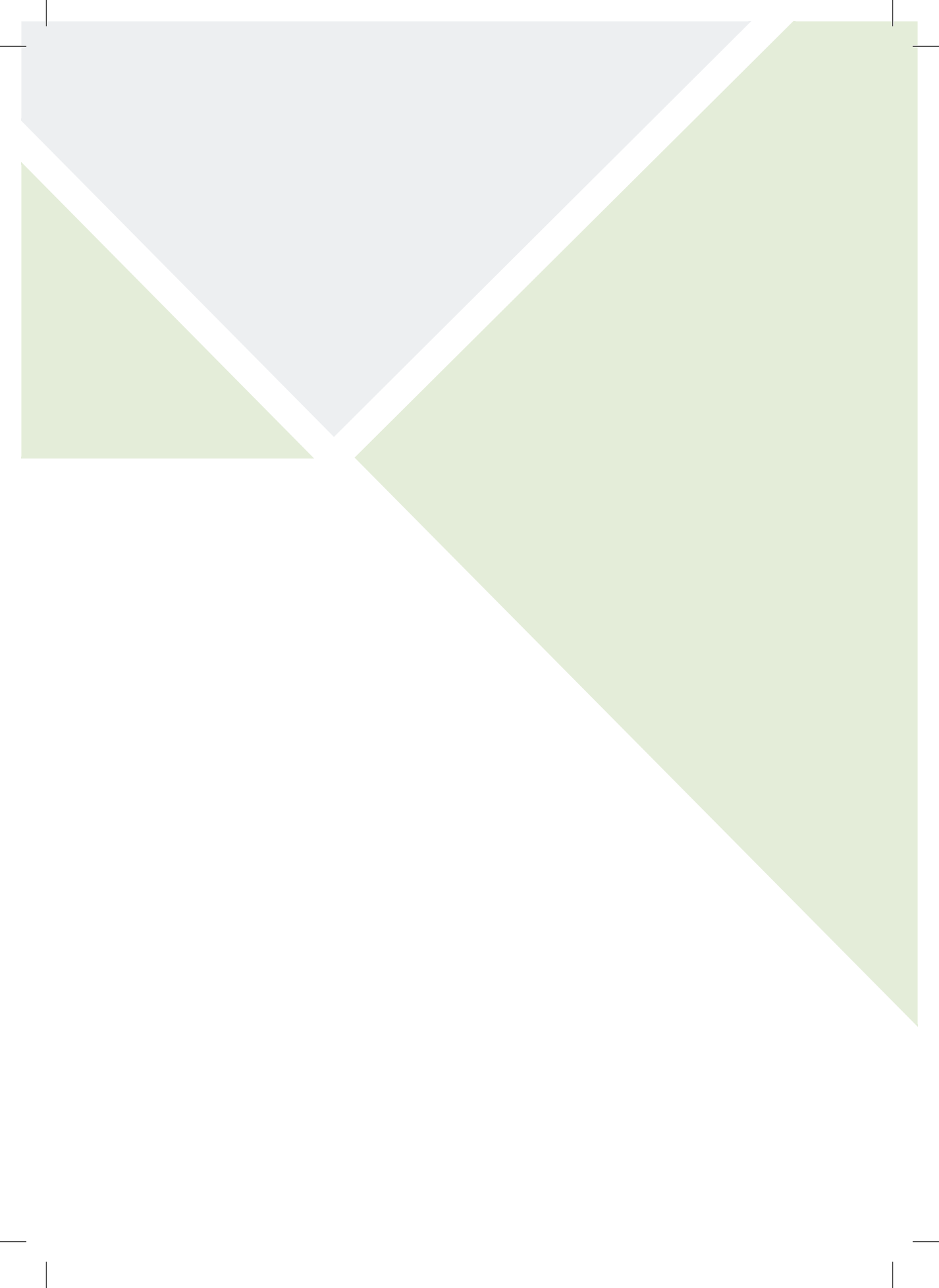


1

CAPÍTULO

Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*



INTRODUÇÃO

O teor de nutrientes dos alimentos confere seu *valor nutritivo*, mas é a ingestão de matéria seca (MS) do alimento que determina seu *valor alimentar*, que *equivale ao potencial para gerar desempenho*, conforme demonstrado abaixo:

$$\text{Valor Alimentar} = \text{Valor Nutritivo (teor de nutrientes)} \times \text{Consumo}$$

Na Figura 1.1, temos ilustrada a composição de uma análise usual de 1 kg em uma forragem tropical com os valores dos seus componentes em gramas. Uma das características dela é o alto teor de umidade: há 700 g de água para cada 1000 g do alimento, ou seja, 70% de umidade.

Em função da dieta de ruminantes conter usualmente altos teores de forragens, e como a umidade destas varia muito, na nutrição de ruminantes costuma-se trabalhar com os teores dos nutrientes na matéria seca (MS). Outro motivo, quase tão importante quanto, é que a água em si, apesar de fundamental para vida, não é considerada um nutriente. A Figura 1.2 tem os mesmos dados da Figura 1.1, exceto pela umidade. Representa exatamente o que ocorre quando determinamos a MS no laboratório.

Naturalmente, o que ocorre é uma concentração dos nutrientes que permanecem após a retirada da água. Neste exemplo, o nutriente mais abundante é a fibra que, normalmente, é analisada como fibra em detergente neutro (FDN). Ela representa os carboidratos estruturais e mais a lignina, o principal fator antinutricional dos alimentos para ruminantes. No caso, em cada 1000 g, 733 g são de FDN, ou seja, 73,3% da MS deste alimento é fibra.

O segundo nutriente mais abundante são os carboidratos não fibrosos (CNF) que não são resultado de nenhuma análise, mas da diferença entre os

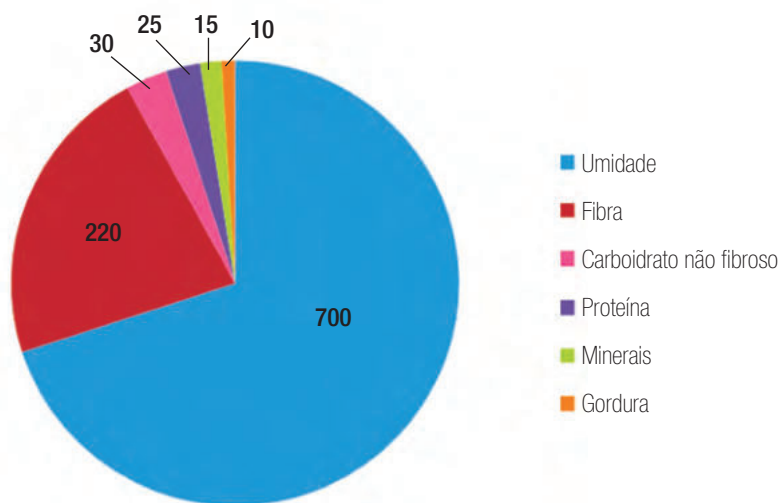


FIGURA 1.1.

Valores dos principais nutrientes de um 1 kg de uma forrageira tropical usada na alimentação de ruminantes.

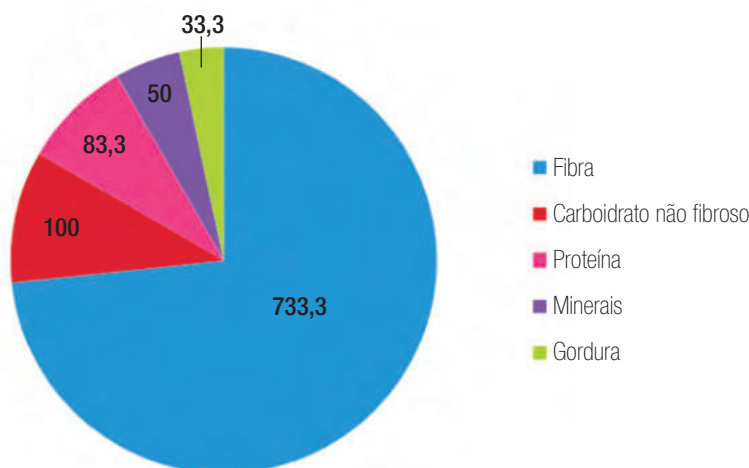


FIGURA 1.2.

Valores dos principais nutrientes de um 1 kg de uma forrageira tropical usada na alimentação de ruminantes, como apresentado na Figura 1.1, com exceção da água.

1000 g totais de MS do alimento menos os demais presentes na Figura 1.2. Ele se aproxima do valor de carboidratos não estruturais (CNE), sendo que a diferença entre CNF e CNE será detalhada mais a frente.

A proteína é, no exemplo, o nutriente que vem em seguida na ordem decrescente de concentração. A análise que é feita, na verdade, é a de nitrogênio (N) e o valor encontrado é multiplicado por 6,25, que é o inverso da concentração média de N nas proteínas. Por ser um resultado que não diferencia a origem do N, que pode ou não ser proteína verdadeira, essa análise chama-se *proteína bruta*.

Os minerais são os penúltimos em concentração e representam tudo o que não é orgânico na MS do alimento. A análise é uma das mais simples, pois basta fazer a combustão completa da parte orgânica do alimento, motivo pelo qual se dá o nome a esta análise de determinação de cinzas dos alimentos.

No caso desta forragem, a gordura é o nutriente com menor participação. Ela representa tudo que tinha na amostra que é solúvel em éter, motivo pelo qual a análise se chama extrato etéreo.

Na sequência, vamos descrever as principais características dos nutrientes e suas determinações nos alimentos.

▶ **MATÉRIA SECA (MS)**

A matéria seca é a mais simples e mais usual das análises bromatológicas. Como o próprio nome diz, representa a fração do alimento que não é água.

A maneira mais simples de retirar água é pelo aquecimento da amostra. A água torna-se vapor e deixa a amostra. Isso acontece mesmo à temperatura ambiente. O processo de fenação funciona assim e, quanto mais quente o dia,

mas rápida a secagem da forragem. Mas, mesmo nos dias mais quentes e de menor umidade relativa, não se consegue reduzir a umidade muito abaixo dos 20-15%. Isso acontece, pois, ainda que haja água livre, vai ficando no alimento a água com maior interação físico-química com os demais componentes. É preciso aumentar bastante a temperatura para quebrar essas interações. O problema é que, expor a amostra à temperatura elevada, pode alterar alguns dos seus atributos nutricionais como veremos no decorrer deste capítulo.

A alternativa encontrada para retirar a água e, ao mesmo tempo, manter a amostra minimamente alterada, é fazer a secagem em duas etapas.

Com o material da primeira matéria seca, são realizadas as demais análises bromatológicas (proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos estruturais e matéria mineral). A existência apenas de água residual facilita a preparação das amostras (moagem, armazenamento) e evita as interferências da água nas análises. Para amostras com mais de 80% de MS não é necessário fazer a primeira MS para a maioria das análises. O extrato etéreo, que para nós representa a gordura do alimento, é uma das análises que precisa ser feita sem nenhuma umidade residual (ou com muito pouca umidade).

Os resultados das amostras apenas com a primeira matéria seca, portanto, não são diretamente em 100% de matéria seca. Elas devem ser corrigidas utilizando-se o resultado da segunda matéria seca. Subtraindo-se 100% do valor percentual da primeira matéria seca do valor da segunda matéria seca obtém-se o valor, em percentagem, de água residual que ainda há na amostra. A correção pode ser feita com uma regra de três, como demonstrado no Exemplo 1, abaixo:

Exemplo 1:

Calculamos em 65% o valor de FDN (fibra detergente neutro) de uma forrageira na primeira matéria seca. A segunda matéria seca deste mesmo alimento teve como resultado valor de 95%. Qual o teor de FDN em 100% de matéria seca?

Em 95% MS 65% FDN

Em 100% MS X

$x = (100\% \times 65\%) \div 95\% = 68,42\% \text{ FDN na Matéria Seca}$

Graficamente temos (Figura 1.3):

QUADRO 1.1. Procedimento para extração de matéria seca

PRIMEIRA MATÉRIA SECA OU PRÉ-SECAGEM	SEGUNDA MATÉRIA SECA OU SECAGEM DEFINITIVA
A amostra é seca por 48 horas (ou até peso constante) a uma temperatura entre 50-65°C, em geral, em uma estufa com ventilação forçada. Ao final contém de 1 a 5% de água residual na amostra.	Uma alíquota da amostra resultante da primeira matéria seca é colocada por 2 horas (ou até peso constante) em uma estufa à 105°C. Ao final não apresenta água residual (ou apenas quantidade irrelevante), portanto, representa 100% de Matéria Seca.

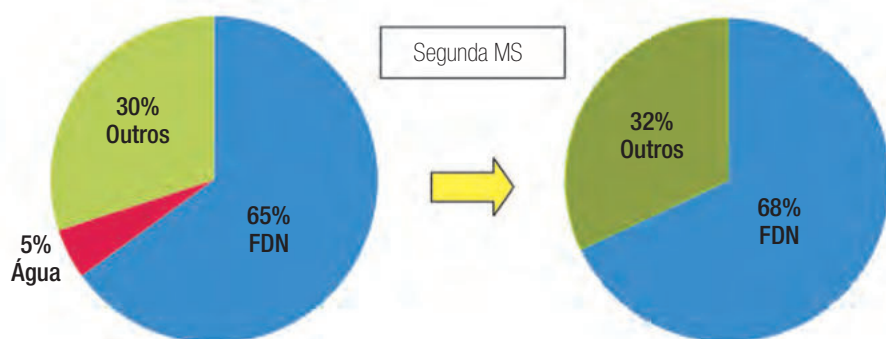


FIGURA 1.3.

Efeito da segunda MS no aumento dos teores percentual dos nutrientes nos resultados de análises bromatológicas.

Importância da determinação da matéria seca

A água é um nutriente essencial a todos os animais com recomendação para consumo à vontade. Como ele não tem valor energético, seu valor econômico nutricional é zero.

Para ruminantes a umidade das dietas pode variar de 90 a 20% (ou seja, ter de 10 a 80% de MS), especialmente em função da proporção de forragem na dieta, o que torna bastante complicado comparar dietas em matéria original (MO). E, mesmo com a dieta com uma quantidade fixa de volumoso, poder haver grande variação no teor de umidade da dieta ao longo do tempo. Isto pode ter implicações no balanceamento da dieta e certamente tem na quantidade de fornecimento destas. Desta forma, trabalhamos com os valores dos alimentos em MS. Assim, ela é uma das análises mais importantes e, de cuja exatidão, dependem as demais.

Costuma-se dizer que, para cada situação de fornecimento de alimento para animais, existem três dietas: a que formulamos, a que fornecemos para o animal e aquela que efetivamente o animal ingere. A questão específica da correção do fornecimento é um bom exemplo da implicação da MS na nutrição de ruminantes, apesar de obviamente não se limitar a isto.

Pode haver significativas diferenças de consumo devido ao fato do teor de umidade real do alimento ser diferente do valor usado para converter o cálculo de ingestão de matéria seca em matéria original.

Exemplo 2:

Supondo que o consumo de cana-de-açúcar seja 5,00 kg MS/cab.dia, sendo outros 5,00 kg de MS de ração concentrada, o consumo total seria de 10 kg/dia de MS. Usando o valor de tabela para MS da Cana (30%), forneceríamos 16,67 kg de Matéria original para suprir o valor correspondente ao determinado em MS ($5,00 \text{ kg MS} \div 0,30 = 16,67 \text{ kg MO}$).

Na Tabela 1.1, mostramos quanto o animal estaria realmente consumindo caso a matéria seca fosse 10% mais úmida ou 10% mais alta (mais seca).

TABELA 1.1. Variação na ingestão de MS em função do teor de umidade da cana em dieta com relação 50:50 volumoso:concentrado e quantidade fixa sendo oferecida in natura.

	INGESTÃO IN NATURA	% MS	IMS ¹
Cana mais úmida	16,67	26,00%	4,33
Cana igual à tabela	16,67	30,00%	5,00
Cana mais seca	16,67	34,00%	5,67

¹IMS = Ingestão de Matéria Seca.

No caso da cana mais úmida, estaríamos oferecendo 0,67 kg de MS de cana a menos para o animal. O resultado, considerando que o concentrado fosse dado no valor fixo de 5,00 kg/cab.dia, seria uma IMS mais baixa que não seria percebida pelo produtor durante o confinamento, mas que faria com que o desempenho do animal fosse menor.

Inversamente, se a cana fosse mais seca, como 5,00 kg do concentrado estão sendo ofertados e considerando que IMS fosse, de fato, limitada a 10 kg, o animal comeria os 5,00 de MS em cana, equivalente a 14,70 kg de MO de cana. Esse valor é praticamente 2 kg de matéria fresca (*in natura*) a menos do que o estimado.

O produtor, então, acreditaria que seus animais estariam com um consumo abaixo do esperado, quando, o consumo de MS, o que de fato importa, estaria certo. Evidentemente, os animais poderiam consumir mais MS que o estimado. Apesar de, a princípio, isso parecer vantagem, nem sempre o consumo de MS a mais representa maior desempenho, particularmente se a dieta estiver sendo desbalanceada neste processo. Por exemplo, neste caso, o aumento da proporção do volumoso dilui os teores totais de nutrientes da dieta (i.e. reduz a % de PB, % de NDT, etc.).

Uma solução para isso seria a determinação da MS dos volumosos na própria fazenda, que pode ser fácil e eficazmente feita para forragens frescas (*in natura*) com o uso de forno de micro-ondas.

Uso de determinação de MS na propriedade

Uma opção bastante prática para determinação de matéria seca de grãos é o uso de analisadores automáticos. Apesar de menos acurados que as determinações de laboratório, eles são bastante usados para controle de secagem e para comercialização e têm a grande vantagem de serem extremamente rápidos. Existem, inclusive, modelos portáteis que podem ser levados ao local de armazenamento para, na realização da compra, saber de antemão o teor de umidade, pois não há nenhum interesse em levar água para a propriedade ao preço do grão.

O princípio de funcionamento mais comum baseia-se na alteração do comportamento da corrente elétrica em função da umidade da amostra na sua passagem por ela (condutância/capacitância). Portanto, esses equipamentos

dependem de um padrão de comparação pré-determinado de fábrica para cada tipo de grão a ser analisado. Isso implica em especificidade para os grãos para que haja calibração e, também, seu uso fica restrito a determinada faixa de umidade. É interessante checar esses detalhes e comparar com o objetivo de uso para garantir a sua adequação e a acurácia da medida antes da aquisição.

Um método de determinação de MS bastante prático e que pode ser feito na própria fazenda é a evaporação de toda a água da forragem através do aquecimento no forno de micro-ondas.

A marcha detalhada está disponibilizada como anexo ao final desta publicação

PROTEÍNA BRUTA (PB)

Proteína bruta é o resultado do teor de N do alimento multiplicado por 6,25. Por si só é um valor bastante importante, mas para formulação de rações é necessário particioná-la em algumas frações como mostrado a seguir.

Detalhes sobre o significado nutricional são fornecidos no capítulo sobre proteína na nutrição animal.

Nitrogênio ligado à fibra

Há uma parte do N dos alimentos que está ligada à fibra. Com isso, temos dois valores que podem ser analisados:

- Nitrogênio (ou proteína) ligado à fibra em detergente neutro (NIDN ou PIDN)
- Nitrogênio (ou proteína) ligado à fibra em detergente ácido (NIDA ou PIDA)

O NIDN consiste na análise de N do resíduo da FDN. A semelhança do NIDN, a análise de NIDA consiste na análise de N do resíduo do FDA.

Normalmente, o valor de NIDA é expresso como porcentagem da proteína bruta ou porcentagem da MS, mas, por vezes, é expresso em porcentagem de N com base no FDA, pois esse é o resultado direto da análise. Assim, devemos checar bem a unidade que o laboratório usa para evitar confusão.

Para transformar os resultados originalmente expressos tendo como base o FDA como porcentagem da proteína bruta na FDA ou porcentagem da MS basta seguir o exemplo abaixo, que pode ser usado também para alterar a base de expressão do N ligado ao FDN:

Exemplo 3:

Acabamos de analisar uma mostra de capim Tanzânia cujo resultado foi 0,54% de N no FDA. Para obter o valor em PB ligada ao FDA, é só multiplicar o valor de NIDA por 6,25.

$$6,25 \times 0,54 = 3,37\% \text{ de PB na FDA}$$

Mas esses 3,37% estão no FDA, isto é, para cada 100 g de FDA do capim Tanzânia, temos 3,37 g de PB. Para saber em 100g de matéria seca da

amostra, temos que saber o teor de FDA da amostra que, nesse caso, é igual a 39%. Fazendo a “regra de 3” abaixo chegamos ao valor de PIDA na MS:

$$\begin{array}{lcl} 3,37 \text{ g} & \text{P-FDA} & \dots\dots\dots 100 \text{ g FDA} \\ X \text{ g} & \text{P-FDA} & \dots\dots\dots 39 \text{ g FDA em 100g de MS} \\ X = (3,37 \times 39)/100 = 1,31 \text{ g de PIDA em 100 g de MS} \end{array}$$

O valor de PIDA, como % da MS, é uma boa opção, pois se pode simplesmente subtrair o valor de PIDA da PB para calcular a proteína disponível. No nosso caso, essa amostra tinha 6,40% de PB na MS. O cálculo de PB disponível (PBD) seria:

$$6,40 - 1,31 = 5,09 \text{ g de PBD em 100 g de MS}$$

Esse cálculo desconsidera a digestibilidade parcial do NIDA, baseado na premissa de que o organismo não usa (metaboliza) o PIDA absorvido, isto é, aquele que não é recuperado nas fezes.

Outra forma, até mais usual de expressar o PIDA é como porcentagem da PB. Para obtê-la, basta dividir o valor de PIDA na base da MS pelo valor de % de PB:

$$1,31/6,40 \times 100 = 20,47 \% \text{ de PIDA como \% da PB.}$$

Assim, de cada 100 g de PB, 20,47 g estão indisponibilizadas na FDA. Se o laboratório passar o valor desta forma, para calcular a disponibilidade de proteína é só usar o complemento para 100% deste valor, equivalente a porcentagem de disponibilidade, e multiplicar o percentual de PB:

$$\begin{array}{l} 100 - 20,47 = 79,53\% \rightarrow \text{Esse valor corresponde à porcentagem} \\ \text{de disponibilidade} \\ 6,40 \times (79,53/100) = 5,09\% \text{ de PBD} \end{array}$$

Vale relembrar que os valores expressos como PBIDN, como % da PB, são idênticos numericamente aos valores de NIDN, como % do N total.

Nitrogênio não proteico

Outra fração relevante para análise é a parte da PB que não é proteína verdadeira, ou seja, um conjunto de aminoácidos. A análise de nitrogênio não proteico (NNP) na proteína dos alimentos não costuma ser uma análise feita por todos os laboratórios, apesar de bastante simples.

A proteína bruta do alimento é solubilizada em uma solução tampão e a proteína verdadeira é precipitada com ácido tricloroacético (TCA) ou ácido túngstico. Faz-se a filtração e o filtrado, que é o que sobra no filtro, tem o teor de N analisado. A diferença entre a proteína total da amostra e a quantidade determinada no filtrado, corresponde ao NNP.

O TCA precipita peptídeos com mais de 10 aminoácidos, enquanto que o ácido túngstico precipita desde peptídeos com mais de três aminoácidos. O fato de bactérias celulolíticas terem requerimento por peptídeos favorece a escolha do ácido túngstico para determinação da fração NNP dos alimentos, uma vez que a fração de proteína verdadeira estará incluindo de maneira mais real os peptídeos do alimento.

Proteína verdadeira

No caso da proteína verdadeira, não é necessário fazer uma análise específica, uma vez que ela seria calculada como a PB menos o equivalente proteico de NNP (NNP como % PB) e a PIDA (NIDA x 6,25).

Partição conforme o sistema de Cornell:

O sistema de Cornell (CNCPS) é um modelo mecanístico para avaliação e formulação de dietas. Ele foi adotado como base do último manual de exigências de bovinos americano, editado pela *National Research Council* daquele país e que é conhecido como NRC (NRC, 2000). Este modelo permite a classificação da fração proteica de acordo com suas taxas de degradação o que possibilita estimar a disponibilidade de N para crescimento microbiano.

Nesse esquema podemos ver:

- 1) Que o N não proteico (NNP) é determinado pela subtração do N total da dieta do que é proteína verdadeira, incluindo o N insolúvel em detergente ácido (NIDA). Ela corresponde à fração A.
- 2) Que o N ligado à fibra é igual à soma das frações NIDA (fração C) e B3. A fração B3 corresponde ao N potencialmente disponível ligado à fibra, resultado da subtração do valor de N insolúvel em detergente neutro (NIDN) pelo valor de NIDA. A fração C seria indisponível.
- 3) Que o N solúvel em tampão borato-fosfato que é precipitado pelo ácido tricloroacético (TCA) ou ácido túngstico corresponde ao N de proteína verdadeira solúvel, correspondente à fração B1.
- 4) Que a diferença entre o N da dieta e a soma das frações A + B1 + B3 + C corresponde à fração B2, que seria o N de proteína verdadeira insolúvel no rúmen, mas que não estaria ligado à fibra detergente neutro.

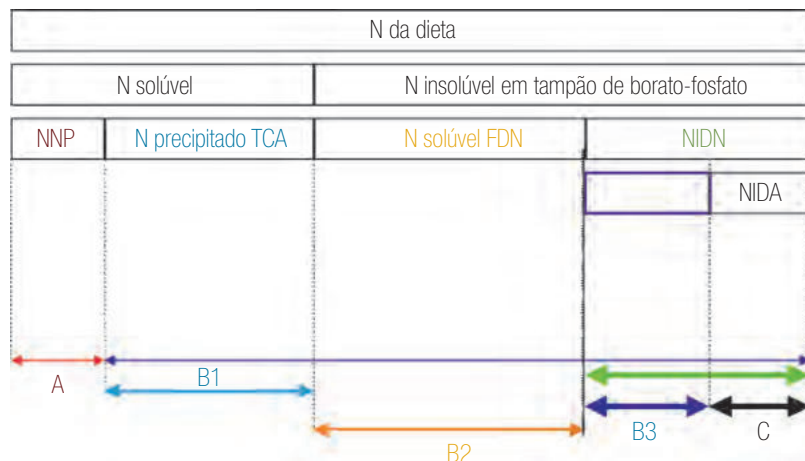


FIGURA 1.4.

Esquema do N dietético segundo a divisão proposta do modelo de Cornell (CNCPS v 6.0, Fox et al., 2000).

CARBOIDRATOS ESTRUTURAIS

Fibra bruta: uma determinação em desuso

A análise de fibra bruta (FB), antes da adoção do sistema de Van Soest, era a análise padrão do ultrapassado sistema de Weende (ou sistema proximal), ainda usado hoje. Na FB, a amostra seca e desengordurada do alimento era submetida à digestão ácida (solução de ácido sulfúrico), seguida por uma digestão básica (solução de hidróxido de sódio).

O grande problema da fibra bruta (FB) é que parte dos componentes da parede celular, celulose e lignina, são solubilizadas. Assim, a FB subestima o valor real da fibra e, portanto, os teores de FDN e FDA são sempre maiores que a FB.

O sistema de detergentes de Van Soest

Idealizado por Van Soest, no final da década de 60, com uma importante revisão feita a pouco mais de duas décadas (Van Soest et al., 1991) e com interessantes sugestões feitas já nesse século (Mertens, 2002), essa metodologia faz uso de soluções detergentes para solubilizar conteúdo celular e/ou hemicelulose, tendo como resíduo a fibra em detergente. Na Figura 1.5, as partições possíveis com essa técnica são graficamente demonstradas.

Existem dois tipos de solução detergente: a de detergente neutro e a de detergente ácido. A solução de detergente neutro solubiliza, basicamente, o conteúdo celular, restando o resíduo insolúvel que é chamado, então, de fibra em detergente neutro (FDN). A FDN seria a melhor opção disponível para representar a fibra da dieta, uma vez que aceitamos para ela a definição de Mertens (2002): fibra insolúvel dos alimentos (indigestível ou lentamente digestível) que ocupa espaço no trato digestivo.

Com procedimento muito parecido com a FDN, a extração com detergente ácido solubiliza, além do conteúdo celular, a hemicelulose. Segundo os idealizadores do sistema detergente na revisão de 1991, o FDA não é uma fração válida para uso nutricional ou predição de digestibilidade. É uma análise preparatória para determinação de celulose, lignina, N ligado à fibra detergente ácido e cinza insolúvel em detergente ácido. Há equações de predição de energia e ingestão de MS que utilizam o FDA e que, uma vez resultando em valores que possam ser usados na prática, evidentemente, são válidas. A sugestão dos autores do método dos detergentes para evitar esse tipo de uso da FDA seria no sentido de que a fração que melhor representa a fibra é a FDN e, assim, ela que deveria ser usada para qualquer modelo nutricional para uma abordagem mecanística (causal) e não meramente empírica (matemática).

A FDA também é usada para estimar a hemicelulose. O valor da hemicelulose pode ser estimado através da subtração do valor de FDN pelo valor de fibra detergente ácido (FDA).

$$\text{Hemicelulose} = \text{FDN} - \text{FDA}$$

A análise de FDA foi desenvolvida para determinação da fibra de forragens, mas é usado para concentrados, grãos e alimentos humanos. Para cada tipo de alimento, foram sugeridas modificações que acabam sendo um tipo de análise um pouco diferente, mas todas elas denominadas indistintamente de FDN. Mertens (2002) sugere os nomes abaixo para as diferentes marchas:

- *FDN*: Usa o sulfito de sódio, mas não usa amilase. Equivale à proposta original.
- *Resíduo de DN (RDN)*: Não usa Sulfito, mas Amilase. Para determinar N ligado à fibra, outras análises sequenciais e digestibilidade *in vitro*, sendo a única metodologia recomendável.
- *FDN com amilase (FDNa)*: Usa o sulfito de sódio e amilase. Além de ser tranquilamente utilizado para forragens, deve ser usado no caso dos concentrados. É recomendada como análise padrão.
- *Matéria Orgânica da FDNa (FDNa_{mo})*: Corresponde a FDNa corrigida para cinzas. Essa correção reduz o erro dessa contaminação e melhora a estimativa de CNF. Faz diferença, especialmente, para alimentos com FDN menor do que 25%.

Ao usar FDN, não se deve corrigir para N no FDN, porque o sulfito remove parte do N ligado à fibra, pois se estaria subtraindo essa fração de N duplamente.

A Figura 1.5, baseada na proposta do Modelo de Cornell, dá uma boa ideia das frações de carboidratos como um todo.

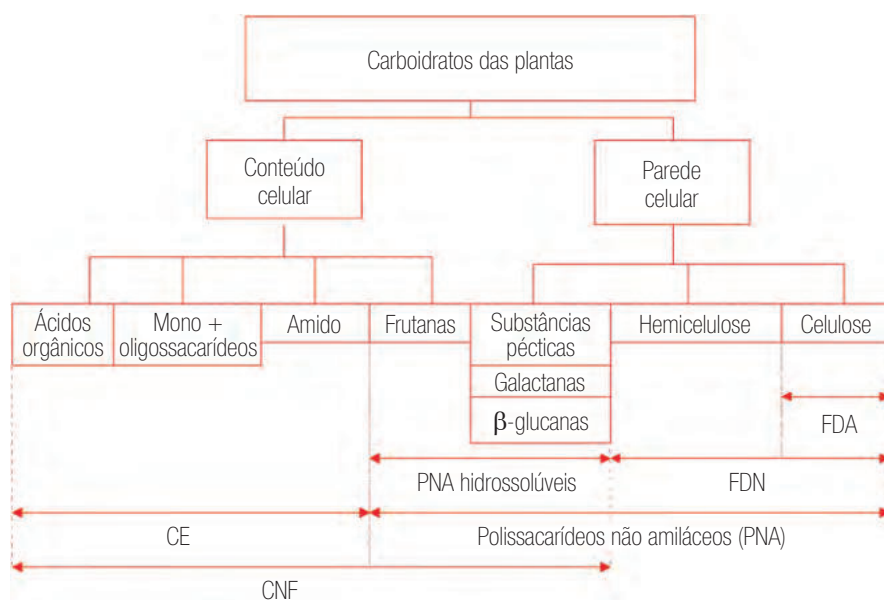


FIGURA 1.5.

Esquema dos carboidratos da planta segundo a divisão proposta do modelo de Cornell (Fox et al., 2000).

LIGNINA

A lignina não é um carboidrato, mas é mais um componente da parede celular e, ao mesmo tempo, o principal fator que limita a sua disponibilidade como alimento para os herbívoros. Apesar dessa importante implicação nutricional, seus componentes não são claramente identificados.

Ela é fracionada em dois tipos de lignina:

- 1) *Core*: Seria o principal polímero da lignina, mais condensado e mais resistente à degradação. Poderia ser considerada mais próxima à lignina propriamente dita.
- 2) *Não Core*: Seriam os compostos fenólicos extraíveis associados à lignina *core*. Ácido ferrúlico e ácido p-cumárico são os principais compostos fenólicos desta fração.

Na verdade, ainda existe bastante confusão quanto ao que seria, de fato, a lignina verdadeira. Como a maioria dos produtos é insolúvel, a lignina precisa ser desintegrada para ser analisada e a caracterização dela é feita com base nos resíduos produzidos. Há, assim, uma dificuldade analítica em se chegar a resultados conclusivos na sua definição química.

Em adição a isso, uma análise muito específica para lignina, definindo-a muito bem do ponto de vista químico, deixaria de fora material indigestível e inibitório. Assim, um purismo em tentar se chegar ao que realmente é lignina pode ser contraproducente em termos do interesse do nutricionista animal. Para a nutrição animal o que interessa é associar essa fração com a indegradabilidade da parede celular, ou seja, o que mais nos importa com relação à lignina é seu efeito nutricional.

O principal mecanismo de inibição da lignina é atuar como barreira mecânica aos microrganismos ruminais e as hidrolases secretadas por estes. Outros efeitos postulados, mas que teriam papéis secundários na inibição (ou nem isso), seriam a toxicidade direta de compostos fenólicos e um efeito hidrofóbico da lignina que reduziria a água em espaços adjacentes aos substratos. A toxicidade dos fenólicos é um fato, mas seriam necessárias concentrações bem maiores do que aquelas que normalmente ocorrem no rúmen para haver esse efeito.

DETERMINAÇÃO DE CARBOIDRATOS NÃO ESTRUTURAIS

O sistema mais usual de análise de alimentos, sistema de Weende ou sistema proximal, não tem a determinação específica de carboidratos não estruturais, mas tem uma aproximação que é o extrativo não nitrogenado (ENN). Na verdade, o ENN é a MS total subtraído da somatória dos valores determinados de Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), fibra bruta (FB) e cinzas (CZ):

$$\text{ENN} = 100\% \text{ MS} - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ FB} + \% \text{ CZ})$$

O ENN inclui todos os erros destas análises. O maior deles estaria na fração fibra bruta que resulta em numa superestimativa do ENN. A fibra bruta está sendo substituída praticamente em todos os laboratórios de nutrição

animal pela Fibra em detergente neutro (FDN), de Van Soest. Assim, de maneira análoga, estimam-se os carboidratos não fibrosos (CNF) pela fórmula:

$$\text{CNF} = 100\% \text{ MS} - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ FDN}_{\text{livre de PB}} + \% \text{ CZ})$$

Faz parte do CNF um grupo de compostos denominados polissacarídeos não amiláceos hidrossolúveis (PNA hidrossolúveis). Eles seriam constituídos pelas frações não recuperadas no resíduo de FDN (solúveis em detergente neutro), mas que seriam resistentes às enzimas digestivas de mamíferos. Os PNA hidrossolúveis contêm vários componentes que são componentes da parede celular (beta-glucanas, pectinas, etc.), polissacarídeos de reserva (como galactanas) e outros.

Para a determinação da equação é necessário que se tenha analisado a PB, a gordura (como extrato etéreo), o FDN e o NIDN, para calcular o FDN livre de PB e as cinzas (CZ).

É importante notar que, para maior exatidão, a porcentagem de FDN deve estar já descontada do seu conteúdo de cinzas e deve ser livre de PB. No caso da análise de FDN ter sido feita com o uso de Sulfito de Sódio, cujo uso voltou a ser recomendado, não é necessário fazer esse desconto. Se não tiver sido usado o Sulfito e não for feito o desconto de PB ligado ao FDN, essa porção acaba sendo contabilizada duas vezes, pois ela já está naturalmente incluída da determinação da PB.

O conteúdo de cinzas normalmente não é descontado, apesar de bastar a colocação do cadinho com o resíduo na mufla após a extração com a solução detergente. Ela, segundo Mertens (2002), melhoraria a acurácia da determinação no caso de amostras com teores de FDN menores que 25%.

Já o desconto da proteína ligada à fibra depende da determinação de N no resíduo do FDN, portanto, é uma análise adicional que muitos laboratórios ainda não fazem rotineiramente.

Muitos alimentos, especialmente forragens frescas, têm valores baixos de N no FDN e, portanto, a ausência da correção não tem grandes reflexos, mas forragens muitas passadas e alimentos que tenham passado por processamentos de aquecimento podem ter uma quantidade considerável de N no FDN e, nesse caso, os erros seriam, consequentemente, maiores.

Extrato etéreo

Há alguns conceitos diferentes para enquadrar lipídeos, mas o mais simples e mais utilizado seria aquele no qual gordura é definida como substância insolúvel em água, mas solúvel em compostos orgânicos.

Dos compostos orgânicos (hexano, isopropanol, clorofórmio, benzeno e outros) foi escolhido o éter etílico para a determinação de gordura dos alimentos. Por isso dá-se o nome de extrato etéreo (EE) para essa análise.

Além dos lipídeos, são também solubilizados compostos não lipídicos: clorofila, carotenóides, saponinas, ceras de baixo peso molecular (relacionadas à cutícula), óleos essenciais e compostos fenólicos de baixo peso molecular.

Todos esses compostos não lipídicos contribuem praticamente com nenhuma energia para as bactérias ruminais ou seu hospedeiro. Portanto, ao mesmo tempo em que extraímos lipídeos, cujo conteúdo de energia é 2,25

TABELA 1.2. Composição do extrato etéreo em alguns alimentos e sua implicação na contribuição energética da fração EE

ALIMENTOS	COMPOSIÇÃO DO EXTRATO ETÉREO	IMPLICAÇÃO
Forragens	50% galactolipídeos e 50% compostos não lipídicos	Valor energético bem inferior ao previsto com o fator 2,25
Bagaço hidrolisado	Ceras e monômeros fenólicos	Valor praticamente nulo de energia para o EE do BTPV ¹
Alimentos concentrados	70-80% ácidos graxos	Fator 2,25 é adequado
Triglicerídeos	90% ácidos graxos e 10% glicerol	Fator 2,25 é adequado

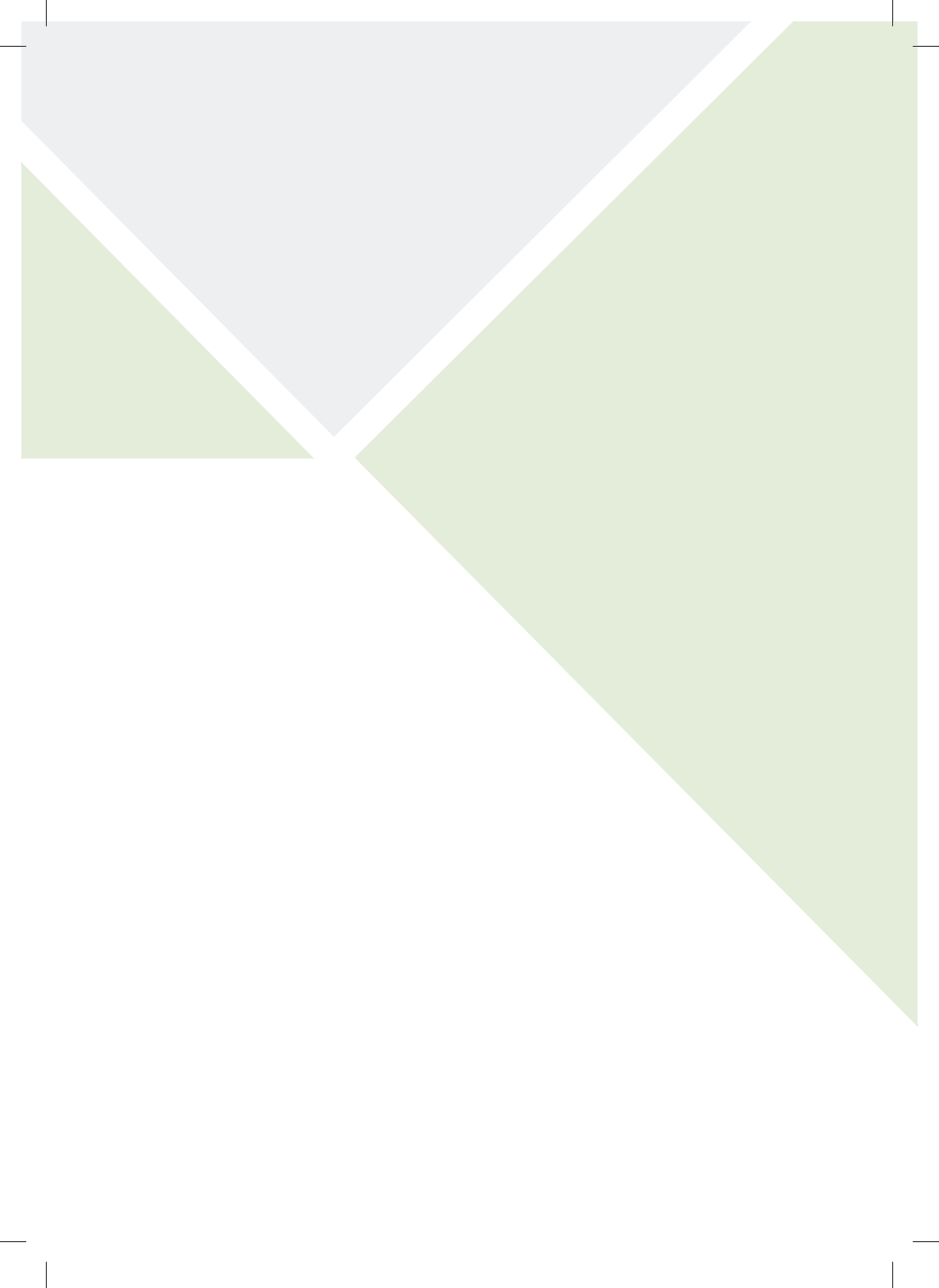
¹BTPV – Bagaço tratado sob pressão de vapor.

vezes superior aos dos carboidratos, podemos ter quantidades significativas de materiais com pouca ou nenhuma energia para oferecer para o animal.

Para cada alimento, em função da composição de seu extrato etéreo, devemos avaliar os resultados em particular. A Tabela 1.2, acima, dá uma ideia de alguns alimentos (ou grupos de alimentos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste contexto, considerando-se os vários aspectos do valor nutricional dos alimentos e sua determinação, o crescente avanço no conhecimento da composição nutricional dos alimentos e das metodologias de análise é essencial na tomada de decisão da melhor prática nutricional para atender as exigências nutricionais em cada fase do ciclo de vida dos animais.

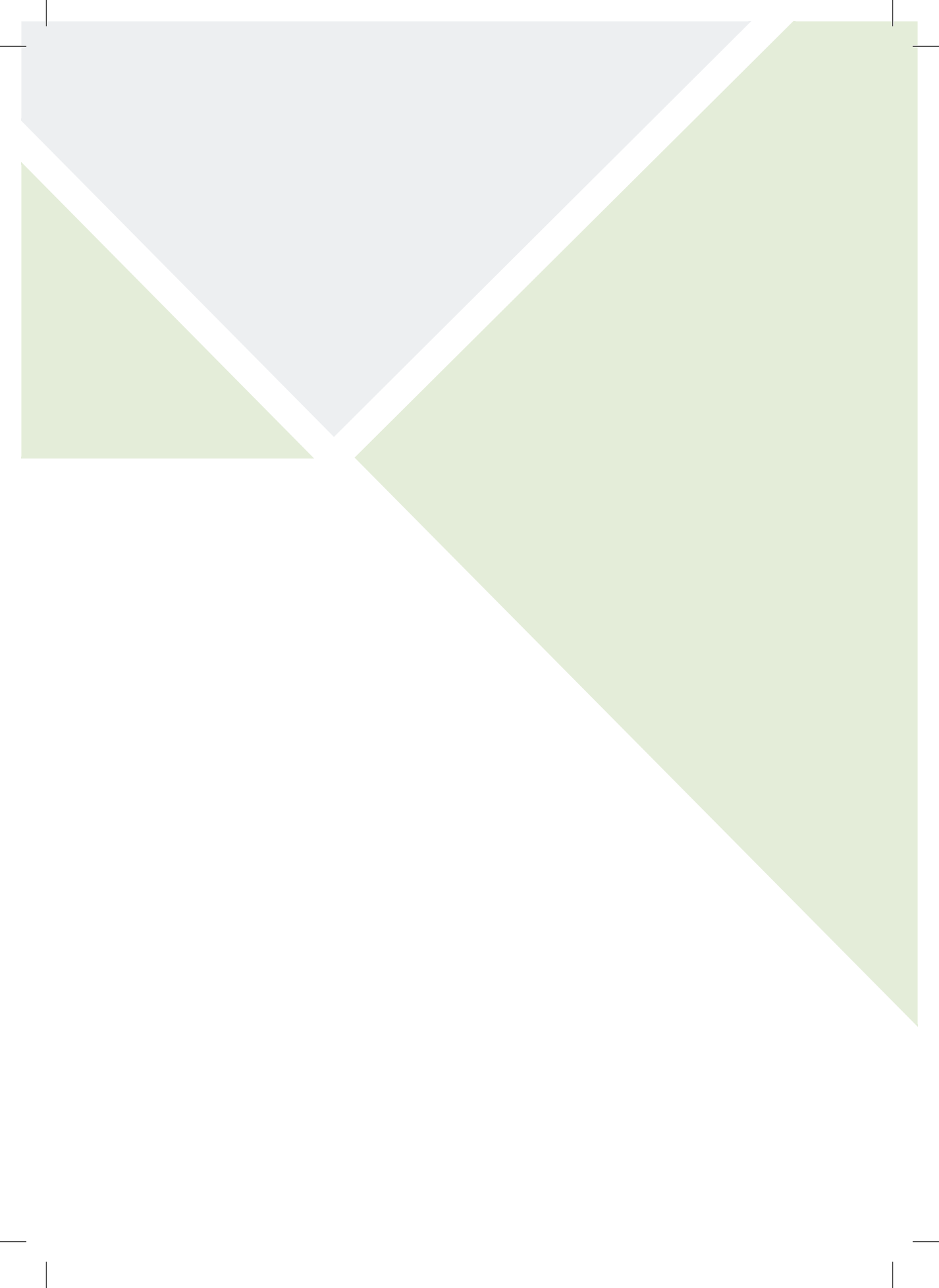


2

CAPÍTULO

Partição de energia e sua determinação na nutrição de bovinos de corte

*Sérgio Raposo de Medeiros
Tiago Zanetti Albertini*



ENERGIA DOS ALIMENTOS

Ao contrário dos demais nutrientes, a energia não é uma porção física do alimento, da qual podemos fazer uma análise de laboratório para determinar a quantidade disponível para os animais.

A energia é um atributo do alimento relacionado com o potencial que este tem de gerar trabalho. Os trabalhos que devem ser realizados para manutenção da vida animal seriam, basicamente, a manutenção dos gradientes eletroquímicos das membranas, manutenção da pressão-volume e a síntese de macromoléculas. Na Figura 2.1, é demonstrado um esquema da partição da energia no ruminante, conforme a proposta do sistema de energia líquida utilizado pelo sistema de alimentação americano de gado de corte e de gado de leite.

A energia química presente nos alimentos, obtida através da sua combustão completa até CO_2 e H_2O é chamada de **Energia Bruta**. A quantidade de energia bruta de um alimento depende da sua composição química, mas guarda pouca relação com o que está disponível para o animal, apesar de, em grande parte, o animal utilizar a oxidação como forma de gerar energia. Isto porque existem perdas no processo de digestão e metabolização que são extremamente variáveis.

A *primeira perda de energia* que ocorre equivale à fração não digerida que se perde nas fezes (energia bruta das fezes). Essa perda varia de acordo com a digestibilidade dos alimentos, desde valores menores que 10%, como no caso de alguns grãos de cereais, até 70%, no caso de uma palha, considerando digestibilidades de 90% e 30%, respectivamente.

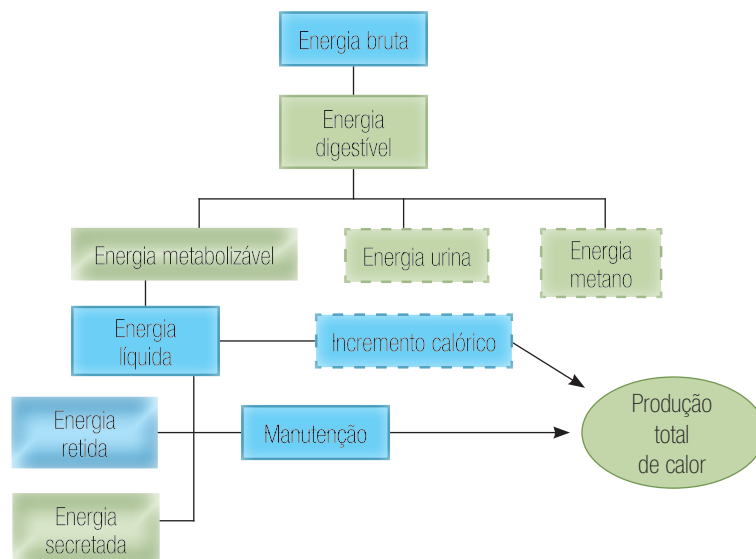


FIGURA 2.1.

Partição de energia do alimento como ocorre em ruminantes conforme proposta do sistema de energia líquida.

Assim, descontando a primeira ineficiência que é a energia perdida nas fezes, sobra a porção da energia química que é absorvida pelo organismo, chamada **Energia Digestível**.

A *segunda perda de energia*, ou seja, a próxima ineficiência do processo, ocorre no metabolismo da energia absorvida (digestível). Essa ineficiência decorre da perda de energia através da urina e dos gases. A perda através dos gases é particularmente importante para ruminantes, por causa da fermentação ruminal. Descontadas as perdas da energia da urina mais as dos gases, ficamos com a **Energia Metabolizável**, ou energia disponível às células do animal.

A *terceira perda de energia* seria o **Incremento Calórico**, que é a perda energética na forma de calor inerente a metabolização dos alimentos. Subtraindo-se o incremento calórico da **Energia Metabolizável** tem-se a **Energia Líquida**, que é efetivamente a energia disponível para o animal sobreviver e produzir.

Parte da **Energia Líquida** vai para o metabolismo basal do animal, que, basicamente, seria responsável pela manutenção da temperatura corporal, potencial de membranas e “turnover” de macromoléculas, conhecida como **Energia Líquida de Manutenção**.

A outra parte da energia seria a responsável pela produção animal, isto é, seria a **Energia Líquida de Produção**, usada para crescimento ou secreção dos produtos animais (carne, leite, gestação).

As vantagens do sistema de energia líquida seriam que: 1) a energia expressa como energia líquida é independente do tipo de dieta e 2) os valores de energia do alimento são determinados separadamente para diferentes funções fisiológicas, isto é manutenção, ganho, lactação e gestação.

O CONCEITO DE NUTRIENTES DIGESTÍVEIS TOTAIS (NDT) E SEU USO

O NDT (Nutrientes Digestíveis Totais) é um dos modos mais empregados de expressão de energia. Ele representa a soma das frações digestíveis dos alimentos de acordo com as análises de Wendee (Sistema Proximal): proteína digestível (PBD), fibra bruta digestível (FBD), extrativo não nitrogenado digestível (ENND) e extrato etéreo digestível (EED), conforme equação:

$$\text{NDT(\%)} = \% \text{PBD} + \% \text{FBD} + \% \text{ENND} + (\% \text{EED} \times 2,25)$$

Nessa fórmula podemos ver que se considera que a proteína, a fibra e os carboidratos solúveis (representados pelo ENN) contribuiriam com a mesma quantidade de energia e que o EE contribuiria com 2,25 vezes mais energia do que elas.

O sistema do NDT é de uso fácil, mas apresenta imperfeições tais como:

- 1) Incorpora os defeitos do sistema de análise proximal (Weende);
- 2) Leva em conta apenas perdas digestivas de energia;
- 3) Leva em conta as rotas metabólicas dos nutrientes apenas ao definir o valor 4 kcal/g para o teor de energia dos carboidratos digestíveis (ENN, FB) e de 9 kcal/g para o EE digestível. A água e cinzas (MM)

não contêm energia. O teor de 5,6 kcal/g da PB é substituído por 4 kcal/g para considerar as perdas urinárias de N. Note-se que apesar dos cálculos serem feitos em porcentagem, eles guardam relação com os valores dos componentes em calorias por quilo, sendo possível converter dados de NDT em porcentagem para essas unidades.

- 4) Superestima o valor nutritivo dos alimentos fibrosos e subestima o valor dos concentrados, em função do exposto nos dois itens anteriores. As perdas com alimentos concentrados são menores (metano e incremento calórico) do que para volumosos.
- 5) Como o EE é multiplicado por 2,25, alimentos com alto teor de EE podem ter teor de NDT superior a 100%.
- 6) Incorpora os vícios e erros das estimativas da digestibilidade de cada fração dos alimentos, por exemplo, nos cálculos da digestibilidade aparente da proteína (diferença entre a PB do alimento menos a PB das fezes pode conter erros da excreção de proteína animal – secreções endógenas, descamações do epitélio e microrganismos).

Mensuração ou estimativa do NDT

O *NDT* é medido em ensaios de digestibilidade onde todo o alimento consumido e as fezes produzidas são pesadas e analisadas (Weende). Normalmente, a alimentação é feita em nível de manutenção. Isso pode fazer com que o valor determinado de NDT seja superestimado em relação aos valores reais dos níveis obtidos em produção, pois uma maior ingestão pode resultar em maiores taxas de passagem, o que deprime a digestibilidade do alimento.

O *NDT* pode ser estimado, para ruminantes, através de regressão até com um único nutriente. Por exemplo, é possível encontrar uma fórmula, no site da Universidade de Clemson(USA), para estimar NDT de grãos que usa apenas o valor de fibra detergente ácido (FDA): $NDT = 93.59 - (FDA \times 0.936)$, mas, o que se ganha em simplicidade (precisar apenas o dado de FDA), perde-se em exatidão. Assim, outras fórmulas foram criadas, com o uso de dois ou mais componentes químicos dos alimentos, o que permitiu uma maior aproximação do valor estimado com o valor real. Há uma infinidade de fórmulas na literatura, inclusive desenvolvidas no Brasil (Capelle et al, 2001). Aqui, vamos usar uma delas, a de Kearl, para mostrar como ela funciona e suas limitações por se basearem apenas em relações matemáticas.

Kearl (1982) desenvolveu cinco equações, sendo cada uma para determinada classe de alimentos. Por ser uma relação unicamente empírica, isto é, sem nenhuma relação causa-efeito para embasá-la, mas apenas uma relação estatística entre os teores dos nutrientes e energia disponível, a acurácia do resultado depende da adequação do alimento à fórmula. Em outras palavras, a correta escolha da fórmula conforme a classe de alimento e da similaridade deste com aqueles que geraram o modelo são fundamentais para o bom resultado da estimativa (é um modelo dependente de população).

A seguir, são descritas estimativas da porcentagem % de NDT em função da composição bromatológica para diferentes classes de alimentos (Kearl, 1982, descrito por Boin, 1992).

- Feno, Palha e Resíduos Fibrosos Secos
 $\% \text{NDT} = -17,2649 + 1,2120\% \text{PB} + 0,8352\% \text{ENN} + 2,4637\% \text{EE} + 0,4475\% \text{FB}$
- Pastagens e Forragens Frescas
 $\% \text{NDT} = -21,7656 + 1,4284\% \text{PB} + 1,0277\% \text{ENN} + 1,2321\% \text{EE} + 0,4867\% \text{FB}$
- Silagens de Volumosos
 $\% \text{NDT} = -21,9391 + 1,0538\% \text{PB} + 0,9736\% \text{ENN} + 3,0016\% \text{EE} + 0,4590\% \text{FB}$
- Alimentos Energéticos: $\leq 20\% \text{PB}$ e $\leq 18\% \text{FB}$
 $\% \text{NDT} = 40,2625 + 0,1969\% \text{PB} + 0,4228\% \text{ENN} + 1,1903\% \text{EE} - 0,1379\% \text{FB}$
- Suplementos Proteicos: $\geq 20\% \text{PB}$
 $\% \text{NDT} = 40,3227 + 0,5398\% \text{PB} + 0,4448\% \text{ENN} + 1,4218\% \text{EE} - 0,7007\% \text{FB}$

O uso de uma fórmula para alimento que não se encaixe naquela categoria resulta em valores pouco confiáveis. Um bom exemplo é de uma propaganda de casca de soja em que o valor de NDT atribuído ao produto era 58%. Ocorre que o valor de tabela deste alimento é igual a 68%. Utilizando os dados dos nutrientes na fórmula de Kearn para alimentos energéticos o valor era exatamente 58%, mostrando claramente que ela foi usada mesmo. O resultado desviou bastante do real, pois se trata de um alimento fora da população para qual as equações foram geradas. Essa é uma das grandes limitações na abordagem apenas matemática desta questão.

EQUAÇÃO DE ENERGIA DE MÚLTIPLOS COMPONENTES TEORICAMENTE FUNDAMENTADA (EQUAÇÃO DE WEISS)

A proposta da equipe da Universidade de Ohio de uma equação de múltiplos componentes teoricamente fundamentada foi um grande avanço em relação às demais equações baseadas em regressão, como a de equação de Kearn e as descritas por Capelle et al (2001). A maior diferença entre elas é que a proposta de Ohio, conhecida como “equação de Weiss”, é baseada em fundamentos biológicos, tentando incorporar e explicar a mecânica do processo e não apenas em relações matemáticas.

A principal vantagem da elaboração de uma fórmula que use as concentrações de nutrientes para determinar a disponibilidade de energia baseando-se em relações de causa e efeito (abordagem mecanística) é que ela deverá ser independente de população. Ser independente de população significa que a mesma relação que existe do nutriente com a energia para uma amostra de milho é a que existe para uma amostra de alfafa. Dessa maneira, o FDN digestível da alfafa contribui da mesma maneira para o NDT que o FDN digestível do milho. Relações unicamente estatísticas (como a fórmula de Kearn) são, como já comentado, dependentes de população.

A fórmula de Weiss, de forma um pouco simplificada é:

$$\text{NDT (\%)} = (0,98 \times \text{CNF}) + (0,93 \times \text{PB}) + 2,25 \times (\text{EE}-1) + 0,75 \times (\text{FDNIpb} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig}/\text{FDNIpb})^{0,667}] - 7$$

Onde:

NDT = Nutrientes digestíveis totais

CNF = Carboidratos não fibrosos

PB = Proteína Bruta

EE = Extrato etéreo

FDNIpb = Fibra detergente neutro livre de proteína bruta

Lig = Lignina

Em seguida, abordaremos cada um dos fatores da equação.

[F1] Fator dos carboidratos não fibrosos: $0,98 \times \text{CNF}$

O valor de 0,98 seria a média da digestibilidade verdadeira desta fração, isto é 98% dos CNF seriam digestíveis. Esse valor foi baseado na digestibilidade dos compostos solúveis em detergente neutro, cujos valores variam de 0,85 a 1,20 para bovinos e ovinos alimentados em nível de manutenção.

[F2] Fator da proteína bruta: $0,93 \times \text{PB}$

A digestibilidade verdadeira da proteína bruta das forragens é próxima de 0,9 e 1,0 para dietas predominantemente compostas de concentrados. Mas a digestibilidade verdadeira da fração PB é altamente correlacionada com a fração PIDA, cujo aumento está particularmente relacionado com o aquecimento dos alimentos e resulta na redução da digestibilidade da proteína. Portanto, existem equações para determinar a digestibilidade verdadeira da PB em função do teor de PIDA.

Na verdade, são duas equações, uma para forragem e outra para concentrados.

$$\text{Digestibilidade PB forragem: } Kd_{\text{PB-F}} = e^{(-0,0012 \times \text{PIDA})}$$

$$\text{Digestibilidade PB concentrado: } Kd_{\text{PB-C}} = 1 - 0,0004 \times \text{PIDA}$$

Onde PIDA está expresso em g/kg da proteína bruta.

Para aplicação prática, é adequado o uso dos valores de 0,9 e 1,0, respectivamente, para forragens e concentrados que não passaram por processos que impliquem aquecimento. No caso de alimentos que passam por aquecimento, é recomendável a análise de PIDA e o uso das fórmulas acima.

Na fórmula simplificada, usa-se o valor de digestibilidade verdadeira igual a 0,93 para multiplicar a PB, independente de ser forrageira ou concentrado. Outra maneira simplificada de abordar essa questão é usar, no lugar de PB, o valor de Proteína Disponível que seria a PB menos a PIDA na % da MS. Nesse caso, considera-se que a proteína é, obviamente, 100% digestível e o fator usado é 1.

[F3] Fator da fibra: $0,75 \times (\text{FDN}_{\text{lpb}} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig}/\text{FDN}_{\text{lpb}})^{0,667}]$

A fração da fibra é representada pela análise de FDN corrigida para o conteúdo de PB, pois essa fração já está incluída na análise de PB e seria contabilizada duas vezes caso não fizéssemos a correção. É descontado, também, o teor de lignina. Outro motivo para descontar a PB do FDN é que o modelo da área de superfície lignina/FDN é baseado na premissa que o FDN é composto apenas por carboidratos e lignina e não há evidência de que a lignina interfira com a digestibilidade da proteína, o que será abordado em maiores detalhes mais adiante. Assim, precisamos usar a equação abaixo:

$$\text{FDN}_{\text{lpb}} = \text{FDN} - \text{PB-NDF}$$

Para forragens que não passaram por aquecimento pode ser usada uma fórmula para estimar a PB-FDN com os valores em g/kg:

$$\text{PB-FDN} = -87,7 + 0,33 \times \text{PB} + 0,143 \times \text{FDN}$$

O coeficiente de digestibilidade verdadeira para a fração fibra é indicado como 0,75. Ele é empírico, obtido a partir dos dados usados para fazer o modelo e com um bom suporte de outros dados experimentais.

Ele é um valor baixo, pois a PB-FDN, fração mais digestível do FDN, foi descontada e porque inclui a redução na digestibilidade desta fração, pois parte dela que é potencialmente degradável, deixa o trato-gastrointestinal sem ser efetivamente degradada, por causa do tempo de permanência insuficiente para tal.

Esse coeficiente de digestibilidade pode ser substituído pelo valor estimado através do modelo de Waldo e Smith (1972) apresentado abaixo caso valores acurados da **taxa de degradação (kd)** do FDN_{lpb} estejam disponíveis e usando o valor médio de **taxa de passagem (kp)** de 0,03/h (variação média entre 0,02 e 0,04/h).

Equação de Waldo e Smith (1972):

$$\text{Digestibilidade} = \text{kd} / (\text{kd} + \text{kp})$$

Por exemplo, se $\text{kd} = 0,08/\text{h}$ (= 8 % da forragem é degradada em 1 hora) e o $\text{kp} = 0,03/\text{h}$ (= 3 % da forragem escapa o rúmen em 1 hora), teríamos:

$$\text{Digestibilidade} = 0,08 / (0,08 + 0,03) = 0,08/0,11 = 0,72$$

Assim, a digestibilidade da FDN_{lpb} seria de 72% e usaríamos o valor 0,72 no lugar do 0,75 da fórmula.

A fração **lignina (Lig)** é representada pela análise via sulfúrica. Ela entra na fórmula sendo descontada da FDN_{lpb} e, mais importante, como o fator do modelo que contabiliza o efeito da lignina na indisponibilização da celulose e da hemicelulose = $[1 - (\text{Lig}/\text{FDN}_{\text{lpb}})^{0,667}]$.

Se a lignina for igual a zero, a fração fibra (= $\text{FDN}_{\text{lpb}} - \text{Lig}$) seria aproveitada em 75%, considerando o valor 0,75 na fórmula. Quanto maior o teor da lignina, menor o valor da fração $[1 - (\text{Lig}/\text{FDN}_{\text{lpb}})^{0,667}]$ que, assim, reduz o valor de fibra digestível.

O modelo utilizado é o da área de superfície da lignina/FDN que estima a proporção da área da superfície da FDN coberta pela área da superfície da

lignina. A área da superfície é calculada pela potenciação a 0,667 da massa de lignina sobre FDNl_{pb}.

[F4] Fator do extrato etéreo: 2,25 × (EE-1)

A digestibilidade verdadeira depende, além da composição de ácidos graxos, da concentração da gordura na dieta (comentada em mais detalhes em capítulo específico deste livro). Dietas com 1% de ácidos graxos na MS tiveram digestibilidade verdadeira igual a 1,0 que foi reduzida para 0,78 em dietas com 8% de ácidos graxos na MS.

Na fórmula geral, o valor do coeficiente de digestibilidade verdadeira utilizado é 1,0, provavelmente considerando dietas dentro da faixa de teores razoáveis de EE (3-6%).

Vale lembrar que o EE pode ter outros componentes que não ácidos graxos. A transformação sugerida, baseada em um número limitado de dados, é que 10% do EE seriam componentes diferentes de ácidos graxos, como no caso do glicerol nos triglicerídeos.

O valor 2,25 corresponderia a quantas vezes os ácidos graxos teriam a mais de energia de combustão em relação à energia equivalente de carboidratos (9 Mcal/kg para ácidos graxos e 4 Mcal/kg para carboidratos).

[F5] Fator metabólico fecal

Todos os coeficientes dos fatores da equação equivalem a digestibilidade verdadeira, mas o NDT é baseado em digestibilidade aparente, portanto o modelo precisa incluir um fator metabólico fecal. Esse fator representa material de origem endógena do animal, como secreções intestinais e descamação do tecido gastrintestinal que é excretado nas fezes.

O valor estimado de NDT para a fração metabólica foi baseado em 130 g de material metabólico fecal por kg de MS ingerida, transformado em energia através da estimativa de sua composição média e o valor energético estimado para cada fração. O resultado aproximado é de 70 g/kg de NDT como sendo provenientes da contribuição endógena.

A rigor, o NDT metabólico fecal não deve ser constante, mas variar com o teor de fibra da dieta e do nível de ingestão de MS do animal, mas a equação usa o valor fixo mesmo.

Equações Completas de Weiss:

Quando não se conhece o teor de ácidos graxos

$$\text{NDTm} = 0,98 \times (1000 - \text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{PB} - \text{CINZA} - \text{EE}) + \text{kd}_{\text{PB}} \times \text{PB} + 2,25 \times (\text{EE}-10) + 0,75 \times (\text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{LIG}) \times [1 - (\text{LIG}/\text{FDNl}_{\text{pb}})^{0,667}] - 70$$

Quando teor de ácidos graxos for conhecido

$$\text{NDTm} = 0,98 \times (1000 - \text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{PB} - \text{CINZA} - \text{EE}) + \text{kd}_{\text{PB}} \times \text{PB} + 2,25 \times (\text{AG}) + 0,75 \times (\text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{LIG}) \times [1 - (\text{LIG}/\text{FDNl}_{\text{pb}})^{0,667}] - 70$$

Usando valor de proteína bruta disponível no lugar de kdPB × PB

$$\text{NDTm} = 0,98 \times (1000 - \text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{PB} - \text{CINZA} - \text{EE}) + \text{PBD} + 2,25 \times (\text{EE}-1) + 0,75 \times (\text{FDNl}_{\text{pb}} - \text{LIG}) \times [1 - (\text{LIG}/\text{FDNl}_{\text{pb}})^{0,667}] - 70$$

Essas equações foram validadas com a comparação do NDT estimado por outras maneiras e as regressões revelaram:

Ausência de viés (bias), isto é, não superestimar ou subestimar;

Ausência de significância da análise de variância devido aos métodos de determinação de NDT, mostrando que, independente do método o valor obtido seria, estatisticamente, o mesmo;

Ausência de correlação substancial entre os desvios e componentes da ração, mostrando ser mesmo independente de população.

Esses resultados indicam que ela pode ser usada para gerar dados acurados, precisos e sem viés de NDT para populações diversas de plantas. Mas os idealizadores da fórmula comentam que para determinados alimentos, grandes desvios podem ocorrer, sendo que, em alguns casos, isso seria por causa de problemas nos NDT de referência (das tabelas do NRC, 1982), particularmente de alimentos proteicos, e em outros por deficiências no modelo mesmo.

No caso de deficiência do modelo, as maiores superestimativas ocorreram para cascas (arroz, aveia, centeio, amendoim e amêndoa) e parte do problema pode ser valores elevados de sílica destes alimentos (que não faz parte do modelo).

No caso do exemplo da casca de soja usando indevidamente uma fórmula de Kearl, com os mesmos valores apresentados na propaganda e mais alguns retirados de tabela o valor do NDT calculado seria de 65%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

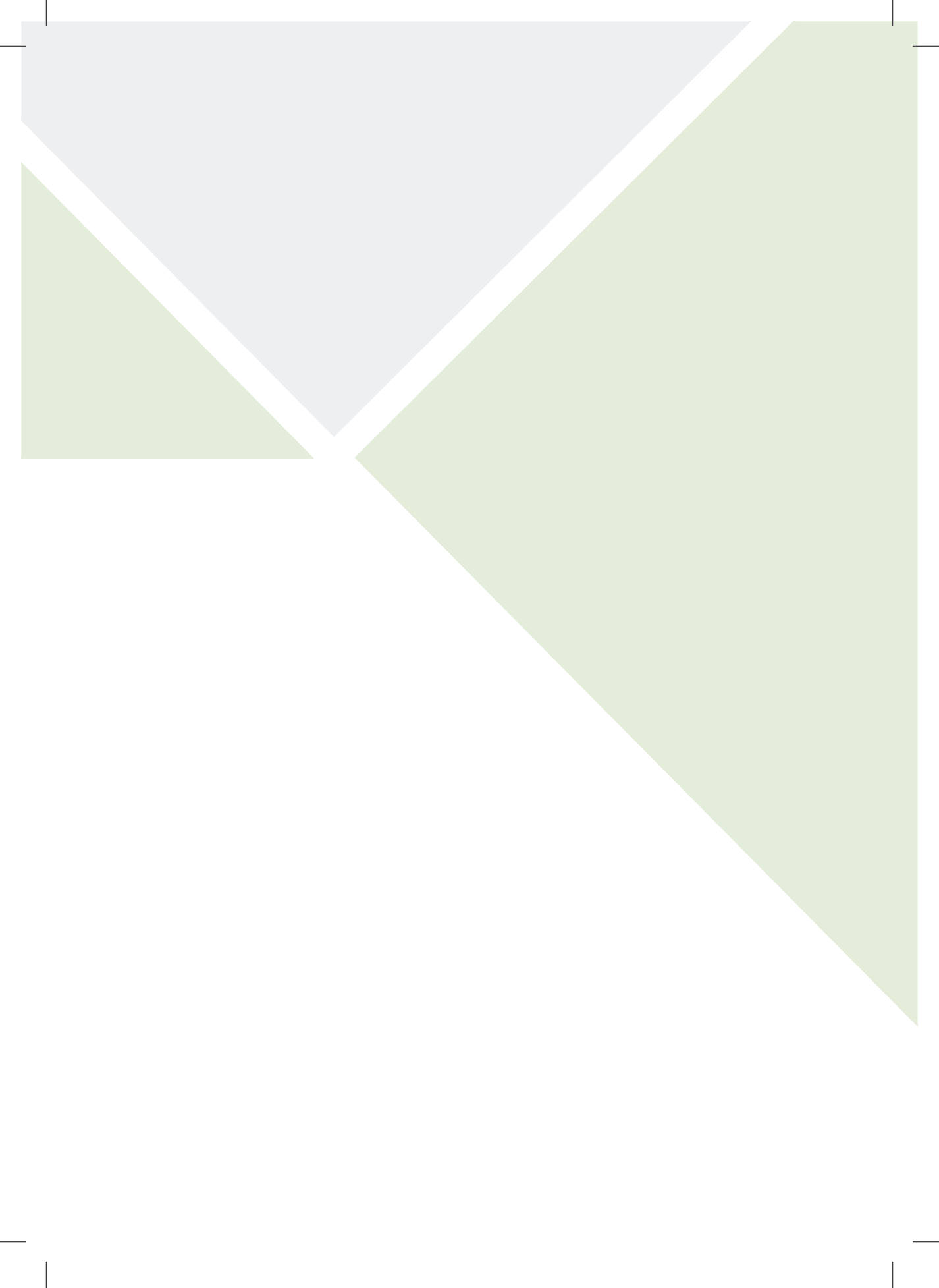
De forma geral, a energia é o “nutriente” mais limitante para a produção animal. Em vista disso, conseguir entender os conceitos envolvidos e como a estimamos tem grande valia. Em especial para alimentos que tenham grande variação em seu conteúdo (silagens de gramíneas, por exemplo), é interessante fazer a análise dos ingredientes, mas, como nem sempre isso é possível, temos que usar as tabelas de composição. Elas são muito úteis e, para alimentos mais padronizados (grão de milho ou soja, por exemplo), substituem a análise química sem maiores problemas. Seja qual for a opção, o importante é sempre ter em mente que, quanto mais exato for o valor utilizado na formulação, mais podemos contar que os resultados fiquem dentro do esperado, motivo mais do que suficiente para nunca perder isso de vista.

3

CAPÍTULO

Proteínas na nutrição de bovinos de corte

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*



Apesar da proteína remeter à palavra grega *proto*, que significa “primeiro” ou “mais importante”, há um consenso que este nutriente não é o fator limitante na produção animal e sim a energia. Todavia, para melhores resultados de produção o que importa é ter o melhor balanço entre os nutrientes. Além disso, para aumentar o desempenho animal é fundamental identificar o recurso nutricional limitante em cada situação específica.

No caso da proteína para ruminantes, veremos que, além da concentração de proteína, é fundamental conhecer também as várias frações em que a dividimos por interesses nutricionais.

Vários aspectos são responsáveis pelo grande interesse nos teores de proteína, das quais destacamos: 1) há muitas situações em que a proteína pode ser o nutriente mais limitante à produção, permitindo respostas de aumento de produção através de sua suplementação, 2) é um nutriente de alto custo por unidade (R\$/ponto percentual de proteína); 3) a nutrição energética depende da nutrição proteica, isto é, deficiências de energia podem ocorrer em função da deficiência proteica ou pela falta de balanceamento das várias frações da proteína.

CONCEITO DE PROTEÍNA BRUTA

Proteínas são substâncias compostas por uma sequência de aminoácidos unidos por ligações covalentes, cuja extensão pode ultrapassar milhares de aminoácidos em conformações bastante complexas, como no caso das enzimas. As enzimas são as grandes responsáveis pela dinâmica bioquímica, ou seja, os eventos vitais para o animal, incluindo a expressão das informações genéticas das células.

Cadeias com menos de 60 aminoácidos são considerados *polipeptídios*, apesar de não existir um rigor absoluto quanto a isto. *Peptídeo* é a molécula resultante da união de dois aminoácidos. Aminoácidos, como o próprio nome denuncia, são moléculas que apresentam um grupo amina, cujo elemento característico é o nitrogênio (N). Para sabermos o teor de *proteína* na amostra simplesmente *determinamos o N da amostra*. A conversão de N total para proteína é feita pelo fator 6,25. Esse fator baseia-se na premissa que, em média, o N corresponde a 16% do peso da proteína total dos alimentos. Isso nem sempre é verdade (Ver Tabela 3.1). Por não diferenciar entre N que realmente participa da constituição da proteína do N que não faz parte desta (nitrogênio não proteico), foi dado o nome de *proteína bruta* para esse componente nutricional do alimento.

A Tabela 3.1 mostra que, no caso da proteína da folha do milho, o fator 6,25 estaria subestimando a proteína deste em 10%, mas que, no caso da lâ haveria uma superestimativa de cerca de 11%. Essas incorreções não comprometem o uso da PB na nutrição de ruminantes cujo uso tem sido bem sucedido para as fontes usuais de proteína. Todavia, é fundamental desmembrar com maiores detalhes a fração proteína bruta, para podermos formular corretamente uma dieta.

A composição típica da proteína de forragens nas frações que interessam o nutricionista animal corresponde a 20-30% de nitrogênio não proteico (NNP), 60-70% de proteína verdadeira disponível (PVer) e 4-15% de proteína

TABELA 3.1. Porcentagem de Nitrogênio de vários alimentos e o fator para transformar a quantidade de N em proteína¹.

FONTE	NITROGÊNIO (% DA MATÉRIA PROTEICA)	FATOR ²
Lã	17,8	5,61
Alfafa	15,8	6,33
PMV ³	15,0	6,67
Folhas de Milho	14,4	6,94
Parede celular de microrganismos	7,1	14,00

¹Valores apenas em proteína verdadeira; ² Fator para converter a quantidade de N para o valor equivalente em proteína. É o inverso da % de matéria proteica (1/%N; Exemplo: 100/16=6,25);

³PMV = Proteína microbiana verdadeira.

Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

ligada à fibra em detergente ácido (PIDA), que é considerada indisponível. Na sequência, detalhamos essas frações.

FORMAS DE PROTEÍNA NOS ALIMENTOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA NUTRIÇÃO

Proteína degradável no rúmen (PDR)

A proteína degradável no rúmen (PDR) é a proteína que, potencialmente, está disponível para ser usada pelos microrganismos ruminais. A maior parte da PDR se transforma em amônia no rúmen, sendo que uma pequena parte é proteolizada a aminoácidos e pequenos polipeptídeos que também são utilizados pelos microrganismos do rúmen.

Há a possibilidade de, mesmo havendo excesso de proteína na dieta, as bactérias ruminais apresentarem deficiência proteica. Essa situação pode ocorrer se as fontes tiverem baixa degradabilidade proteica, não havendo disponibilização adequada de N para as bactérias ruminais. Como as bactérias são as principais responsáveis pela degradação da fibra, o resultado é a redução da taxa de passagem, aumento do enchimento ruminal e consequente redução na ingestão de matéria seca.

Pode ocorrer o inverso, ou seja, haver excesso de proteína degradável, em relação à capacidade de síntese proteica do rúmen. A síntese proteica microbiana ruminal depende da energia fermentativa da dieta e da eficiência de crescimento microbiano no rúmen. Essa eficiência, para dietas dentro da faixa usual é considerada 130 g de proteína microbiana para cada quilograma de matéria orgânica fermentável. Decorre daí a relação prática que indica que devemos fornecer 13% do NDT como proteína degradável no rúmen.

A exigência de proteína degradável no rúmen (PDR) para atender as exigências de crescimento dos microrganismos, portanto, está relacionada com a quantidade de energia fermentada no rúmen. Assim, recomenda-se

a suprir PDR na quantidade equivalente entre 12% e 13% da concentração de energia na forma de nutrientes digestíveis totais (NDT). Assim, uma dieta com 7,0 kg de NDT exige entre 0,84 kg e 0,91 kg da matéria seca como PDR.

Vale ressaltar que deficiência em PDR diminui o consumo de alimento e compromete o desempenho, conforme já comentado acima, mas que o excesso também pode comprometer o desempenho ao reduzir a disponibilidade de energia para ganho de peso: Valores de PDR muito superiores a 13% dos NDT resultam em excesso de N na corrente sanguínea, que precisa ser excretado. A excreção de N tem alto custo energético e “desvia” energia que poderia ser usada para a produção. Esse prejuízo para o desempenho do animal é chamado de “custo ureia”. Valores de proteína degradável no rúmen, portanto, são essenciais para correta formulação, visando funcionamento ruminal ótimo.

Nitrogênio não proteico (NNP)

Para a maioria dos alimentos, uma parte da proteína degradável sempre é representada por nitrogênio não proteico (NNP). Em dietas bem balanceadas, todo esse NNP é considerado como proteína disponível para o animal, pois será incorporado aos microrganismos ruminais, transformando-se em proteína microbiana. A proteína microbiana tem excelente qualidade em termos de composição em aminoácidos (isto é, tem alto valor biológico). A capacidade de usar NNP é uma das grandes vantagens dos ruminantes em relação aos monogástricos, para os quais o termo PB não faz sentido.

O bom balanceamento referido no parágrafo anterior consistiria em se respeitar os 13% do NDT como proteína degradável e fazer com que no máximo 2/3 desta PDR esteja na forma de NNP. Aqui vale a pena lembrar que todos os alimentos têm alguma porção de NNP e esta deve ser reconhecida para a formulação de dietas e não apenas o NNP proveniente da ureia, por exemplo.

Alimentos e NNP

O NNP nas forragens consiste, basicamente, de aminoácidos não essenciais, peptídeos, amidas, aminas, ácidos nucleicos e amônia. Forragens frescas apresentam variação entre 14 a 34% de NNP na PB. Nitratos podem ocorrer também no NNP das forragens com teores chegando até 10% da PB em gramíneas logo depois da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Forragens conservadas apresentam valores maiores de NNP, devido à proteólise que ocorre no processo de fermentação. O feno tem, em média, entre 15 a 25% de NNP na PB. Em silagens, com boa preservação, cerca de 30 a 65% da PB corresponde a NNP, mas cerca de metade deste N é representada por aminoácidos, com amônia e aminas não voláteis (cadaverina, putrescina) representando o restante.

São as próprias enzimas das plantas (proteases e peptidases) que são as principais responsáveis pela transformação de proteína verdadeira em NNP. Secagem rápida e rápido abaixamento de pH diminuem a proteólise e resguardam maior proporção de proteína verdadeira intacta.

Mesmo com o NNP próximo a 65%, a silagem pode ser considerada de boa qualidade. Em silagens com fermentação inadequada (lenta e/ou insuficiente), as aminas e o NH_3 podem aumentar bastante devido a maior proteólise. O teor de amônia (NH_3), como percentual do N total da silagem, é considerado um dos melhores indicadores individuais para qualidade da silagem. Valores superiores a 10% de NH_3 no N total da dieta indicam ter havido problemas de fermentação e que a silagem tem problema de conservação. Há a recomendação que a análise de teor de NH_3 seja realizada em amostra de silagem com, pelo menos, 120 dias de fechamento do silo como forma de garantir a estabilidade da leitura, pois medidas anteriores podem deixar de pegar alterações posteriores por fermentações secundárias.

Uma fonte que é 100% NNP é a ureia. A ureia é largamente utilizada na nutrição de ruminantes, pois costuma ser a fonte mais barata de proteína bruta. Cem gramas de ureia tem o equivalente em N a aproximadamente 280 g de PB, sendo que esta premissa é resultado simplesmente da multiplicação do teor de N da ureia (45%), pela relação média deste na PB ($100/16 = 6,25$), já citada anteriormente, ou seja: $45 \times 6,25 = 281,25$. A grande maioria dos outros alimentos que não forragem tem 12% ou menos de NNP.

Considera-se que a maior parte de todas as formas de NNP, uma vez ingeridas, são rapidamente transformada em amônia e disponibilizada para os microrganismos ruminais.

Proteína verdadeira

A proteína verdadeira seria a PB menos o NNP e também a proteína ligada à fibra detergente ácido (PIDA), conforme mostrado na Figura 3.1, abaixo.

Sua importância pode ser explicada, pois: (1) Certas bactérias precisam para seu ótimo desenvolvimento, além de amônia, de proteína verdadeira. Mais especificamente, são importantes para bactérias que degradam carboidratos não estruturais; (2) Um mínimo de 20% da PDR como proteína verdadeira (PV) é recomendado para melhorar a eficiência das bactérias celulolíticas na presença de isoácidos produzidos pela deaminação de aminoácidos com cadeia ramificada. É bom ressaltar, todavia, que as bactérias celulolíticas têm como principal fonte de N o nitrogênio amoniacal (N-NH_3).

Esse seria um dos motivos para a limitação do NNP na PDR. De fato, estabelecer esse mínimo de PV é a melhor maneira de se limitar o fornecimento da ureia. O máximo de ureia usualmente considerado, levando-se em conta

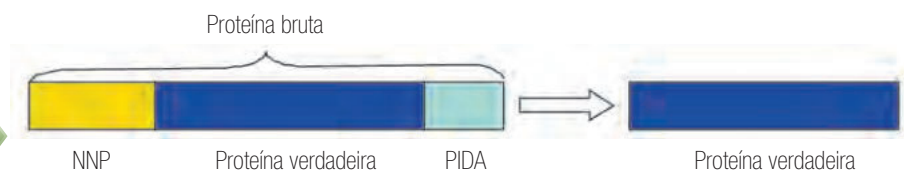


FIGURA 3.1.

Ilustração de proteína verdadeira, mostrando que ela é a diferença entre a PB e a soma do NNP (% da PB) e da PIDA ($\text{NIDA} \times 6,25$).

o nitrogênio não proteico dos demais constituintes dos alimentos e mais alguma margem de segurança, estaria entre 40% a 50% da proteína degradável no rúmen (PDR), mas pode-se chegar até quase 2/3 de NNP sem problemas.

Um ponto interessante relativo à Proteína Verdadeira é que a PVer de origem de folhas tem maior valor biológico que PVer de origem de grãos (ou das tortas dos grãos após a retirada do óleo, como farelo de soja, farelo de algodão, entre outras). A explicação para isso seria que as folhas sintetizam todos os aminoácidos uma vez que a sobrevivência da planta depende do funcionamento de inúmeras proteínas, enquanto que as sementes têm apenas os aminoácidos para a plântula que, em seguida, será capaz de sintetizar todos os seus aminoácidos. Uma PVer com baixo valor biológico (perfil de aminoácidos desfavorável) é uma vantagem adaptativa para tornar as sementes menos desejáveis pelos animais.

Proteína ligada à fibra (NIDN, NIDA) e suas implicações na nutrição

Nitrogênio ligado à fibra em detergente neutro (NIDN)

Uma parte da proteína está associada à fibra, ligada aos polissacarídeos da parede celular provavelmente através de ligações covalentes, o que explicaria sua baixa solubilidade. A baixa solubilidade, por sua vez, seria a razão para essa fração apresentar menores taxas de degradação, em relação às demais frações proteicas.

O calor aumenta bastante o teor de N ligado à FDN. Ele também é chamado de N insolúvel em detergente neutro (NIDN), pela coagulação e desnaturação das proteínas. Sendo mais intenso, o aquecimento pode provocar as reações de “Maillard”, discutido a seguir, e deixar a proteína indisponível, incorporando-a na FDA. Essa fração é conhecida como Nitrogênio insolúvel em Detergente Ácido (NIDA). Condições predisponentes para a ligação do NIDA são: 1) Presença de açúcares redutores; 2) Umidade e 3) Calor (especialmente temperaturas acima de 50-60° C).

Para a maioria das forragens que não tenham passado por processo que envolva aquecimento, o NIDN costuma ser menor que 1,5% do FDN no N total (próximo a 10% de PB no FDN). Para muitos concentrados, todavia, uma substancial porção do FDN pode ser representada pelo NIDN. Para resíduo de cervejaria, por exemplo, perto de 3,2% do FDN pode ser representado por NIDN. Esse valor pode ser o dobro para grãos secos de destilaria. É importante observar que esses 10% de PB no FDN (=100g de PB por kg de FDN) podem representar até mais que 60% da PB da forragem ligada ao FDN.

Na Tabela 3.2 são apresentados valores obtidos no laboratório de nutrição animal da Embrapa Gado de Corte para duas forrageiras tropicais em pastejo rotacionado, sendo que a *Brachiaria brizantha* tinha 28 dias de crescimento e o capim Tanzânia (*Panicum maximum*), 33 dias. Vale lembrar que os valores expressos como NIDN como porcentagem do N total da amostra equivalem aos valores expressos como PBIDN em porcentagem da PB total. Por exemplo, 60% PBIDN na PB total, como citado no parágrafo anterior, equivalem a 60% de NDIN no N-Total.

TABELA 3.2. Valores médios de N ligado a FDN de *Brachiaria brizantha*, pré e pós pastejo, e capim Tanzânia como porcentagem N total (Luz, 2003).

PARTE DA PLANTA OU COMPOSIÇÃO DESTAS	NIDN, % N-TOTAL			
	B. BRIZANTHA		TANZÂNIA	
	MÉDIA	DP ²	MÉDIA	DP
Folha (F)	23,8	5,5	43,1	10,6
Haste (H)	25,7	3,2	36,2	7,5
Morto (M)	30,8	5,0	47,7	13,2
F+H+M ¹	25,4	3,8	44,1	4,8

¹:Valor de NIDN das frações ponderando em função da porcentagem Folha (F), de Haste (H) e Material Morto (M);

²:DP = Desvio Padrão.

Nitrogênio ligado à fibra em detergente ácido (NIDA)

Como acima mencionado, a reação de “Maillard” envolve a condensação de açúcares redutores com grupos amino (NH₂) livres dos aminoácidos e posterior polimerização. Havendo a reação completa, a polimerização resulta na indisponibilidade total do N, como NIDA. Na verdade, considera-se que, apesar de uma parte do NIDA ser digestível, a mesma não seria aproveitável pelo organismo. Dessa forma, assume-se a premissa de que a eventual quantidade de NIDA que não seja recuperado nas fezes não faz diferença, pois ela é compensada pelo fato das formas absorvidas não serem metabolizáveis. O NIDA pode ser transformado em PB ligada ao FDA (PIDA), simplesmente multiplicando-o por 6,25. A análise química de PIDA tem sido utilizada para medir a proteína bruta indisponível dos alimentos para ruminantes.

O valor usual de PIDA em % da PB fica em torno de 4 a 7%, o que equivale a dizer que, normalmente, entre 93-96% da proteína bruta está disponível. Mas há grande variação como pode ser visto na Tabela 3.3.

Análise de proteína degradável no rúmen (PDR)

A análise da degradabilidade da PB não costuma ser uma análise de rotina e costuma-se usar valores de tabela. Existem dois métodos mais usados, descritos a seguir.

Degradabilidade In Situ

A maneira mais popular para determinar a degradabilidade da PB é a incubação do alimento dentro de sacolinhas de “Nylon” ou “Dacron”, conhecida como degradabilidade *in situ*. Nela, coloca-se um peso conhecido do alimento dentro de sacolinhas de “Nylon” que são depositadas no rúmen

TABELA 3.3. Valores da fração nitrogenada em detergente ácido como porcentagem na PB, teor de PB total, PB disponível (PBD) e relação PBD/PB (disponibilidade) de vários alimentos.

ALIMENTO	PIDA, %PB	PB, %	PIDA, %MS	PBD, %MS	DISPONIBILIDADE
Feno alfafa, passado	20,0	14,0	2,8	11,2	80%
Casca de soja	14,0	12,2	1,7	10,5	86%
Polpa Citrus Peletizada	11,0	6,7	0,7	6,0	89%
Farelo de canola	10,0	40,9	4,1	36,8	90%
Resíduo de cervejaria	10,0	26,0	2,6	23,4	90%
Farelo Algodão 38-41%	8,0	46,1	3,7	42,4	92%
Caroço de algodão	6,0	23,0	1,4	21,6	94%
Soja Extrusada	6,0	42,8	2,6	40,2	94%
Farelo de soja 49%	2,0	49,9	1,0	48,9	98%
Protenose 60%	2,0	66,3	1,3	65,0	98%
Refinazil/Promil	2,0	23,8	0,5	23,3	98%

Adaptado de Fox et al. (2000).

e retiram-se estas com diferentes tempos de incubação. Elas são lavadas, secas e pesadas. De todas as sacolinhas, incluindo um “branco”, que é amostra do tempo de incubação zero (i.e. que não foi colocado no rúmen) é analisado o teor de N. O desaparecimento do N pode ser então avaliado no tempo e descobre-se sua taxa de degradação e a degradabilidade potencial. Com esses dados é possível estimar a degradação efetiva para qualquer tempo de retenção.

O método *in situ* não reflete exatamente o que ocorre *in vivo*, ao contrário de que possamos acreditar por ser um método que envolve uso do animal, uma vez que:

- 1) A solubilidade da proteína (tempo zero) seria superestimada (perda de material indegradável menor que o poro);
- 2) A taxa de degradação é subestimada (contaminação microbiana);
- 3) A fração indigestível seria superestimada (contaminação microbiana).

Todavia, para determinar a degradabilidade da proteína (ou o escape de proteína indegradada), é considerado um método bastante útil.

Degradabilidade In Vitro

Outra forma de medir a degradabilidade é através da digestão enzimática *in vitro*. Normalmente, são usadas neste método enzimas comerciais que tem pH ótimo de atuação diferente das enzimas microbianas ruminais.

Outro problema do método é que pequenas variações na qualidade e atividade das enzimas resultam em grandes variações no resultado, portanto é um método com grande variação analítica.

Apesar de tudo isso, há suporte na literatura para recomendar seu uso para prever o escape ruminal da proteína microbiana.

Degradabilidade e taxa de passagem

Há críticas quanto ao uso de um valor fixo de degradabilidade da PB para os alimentos, pois, em função do tempo de retenção dela no rúmen, a degradabilidade pode variar.

Exemplificando, vamos supor que determinado alimento tivesse degradabilidade de tabela de 70%, mas esse valor fosse atingido com 16 horas de incubação. Se, em função da dieta, ocorrer uma maior taxa de passagem, e o alimento permanecer apenas 12 horas no rúmen, a degradabilidade será reduzida.

Mais uma vez, a prática mostra que os valores fixos de tabela, apesar de nem sempre representarem efetivamente o que ocorre no animal, são satisfatórios na formulação de dietas. Ainda sim, modelos, como o CNCPS, da Universidade de Cornell, estão sendo desenvolvidos, de tal forma que o grau de degradação das várias frações proteicas seja estimado mecanisticamente.

Solubilidade e degradabilidade: existe relação?

Apesar de alguns laboratórios fazerem análise de solubilidade de proteína, a relação entre esse resultado e a degradabilidade proteica nem sempre procede e, considerando-se alimentos em geral, na verdade é baixa. São vários os motivos que explicam isso:

- 1) Diferentes solventes resultam em estimativas de solubilidade diferentes;
- 2) Proteínas solúveis apresentam diferente suscetibilidade à degradação pelas enzimas ruminais. Exemplo: caseína é rapidamente degradada, albumina, muito mais vagarosamente;
- 3) Não há necessidade de a proteína ser solubilizada para ser degradada porque as bactérias se ligam às proteínas insolúveis e os protozoários engolfam partículas alimentares, degradando-as;
- 4) Proteínas solúveis podem sair do rúmen intactas proporcionalmente em maior quantidade que as insolúveis devido à sua associação com a fase líquida e, portanto, ficarem menos tempo no rúmen;

METABOLISMO DE PROTEÍNA

Degradação ruminal da proteína

O processo de degradação ruminal de proteína é bastante eficiente, havendo abundância de enzimas proteolíticas que reduzem as proteínas a peptídeos. Esses peptídeos são proteolisados por bactérias que degradam proteínas levando-os até aminoácidos, degradando-se esses, por sua vez,

em amônia e esqueletos carbônicos. Os esqueletos carbônicos podem ser fermentados ou participarem da composição de microrganismos. A amônia pode ser utilizada para a síntese microbiana, desde que haja energia para tal, ou difundir-se no fluido ruminal.

Destinos da proteína nos ruminantes

Os caminhos que as diferentes frações de proteína seguem ao longo do trato gastrointestinal nos ruminantes são diversos, mas basicamente podem ser descritos como abaixo:

- A proteína é ingerida e, dependendo de suas características intrínsecas e do ambiente ruminal vai ser mais ou menos degradada. De forma geral, cerca de 40-80% da proteína da dieta é degradada, dando origem à amônia e polipeptídeos que vão atender as exigências dos microrganismos ruminais. No caso da proteína degradada no rúmen, o seu aproveitamento vai depender das condições ruminais, particularmente da disponibilidade de energia para que sejam incorporadas como proteína microbiana. Um aspecto importante disso é que essa energia provém, basicamente, da fermentação de carboidratos.
- A parte da proteína que não é degradada no rúmen vai passar para o TGI, constituindo-se na proteína não degradável no rúmen, também referida como proteína sobrepassante ou “by pass”.
- A proteína microbiana passa ao trato gastrintestinal inferior (TGI) e, junto com a proteína sobrepassante, representa a proteína digestível disponível para absorção.
- Em dietas bem balanceadas, considera-se que a soma destas duas fontes proteicas (proteína microbiana e proteína não degradável no rúmen) provê a mesma quantidade do que a proteína originalmente ingerida (PB ingerida = PB microrganismos + PB sobrepassante).
- Havendo excesso de PDR, ocorre um aumento na concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) que é absorvido pelo rúmen e vai para a circulação sanguínea.
- Essa amônia pode voltar ao rúmen através da saliva e da própria parede ruminal, em um processo conhecido como reciclagem, ou ser detoxificada no fígado. A detoxificação é a transformação de NH_3 em ureia no ciclo da ornitina, que, conforme já comentado acima, tem alto custo energético. Portanto, o excesso de PDR deve ser evitado tanto pelo desperdício deste nutriente, como do custo em se livrar de seus metabólitos.
- Por fim, há PB nas fezes que provêm de porções indigestíveis dos alimentos e da proteína microbiana, além de proteína metabólica fecal, material de origem endógena do animal (como secreções intestinais e descamação do tecido gastrintestinal).

Síntese de proteína microbiana no rúmen

A proteína microbiana (PBm) usualmente provê de 50% a 100% das exigências de proteína dos animais, dependendo do correto balanceamento

da dieta, da degradabilidade da proteína e sua composição, bem como do nível de exigência do animal em questão.

Aproximadamente 60 a 90% da proteína que chega ao intestino delgado são de origem microbiana, dependendo principalmente dos ingredientes da dieta. Considerada uma proteína de alto valor biológico com perfil de aminoácidos semelhante à da caseína. Como ela pode ser produzida com o uso de fontes de NNP, que são muito mais baratas do que fontes de proteína verdadeira, a maximização da produção de proteína microbiana através destas fontes de N são uma excelente forma de fazer dietas mais econômicas.

Relação entre energia e síntese de proteína microbiana

A produção de PBm está diretamente ligada à fermentação dos carboidratos no rúmen. Por esse motivo, atualmente, apesar da fermentação pós-ruminal de carboidratos ser mais eficiente energeticamente, pois se evitam as perdas decorrentes da fermentação, tem-se recomendado priorizar a degradação de carboidratos no rúmen, com a ressalva de que não haja quedas drásticas ou expressivas de pH ruminal.

A relação entre NDT e síntese de proteína microbiana para dietas convencionais, equivalente à exigência de PDR, é de 130 g PDR/kg de NDT. Essa relação se mantém mais ou menos constante e se reduz nos extremos, ou seja, dietas com muito pouca energia e dietas com muita energia. Na Figura 3.2, abaixo, mostra-se graficamente este fato, alertando o leitor para o fato de que a parte da curva que mantém constante a necessidade de PDR seria, na realidade, não exatamente uma reta.

A redução na eficiência da produção de PBm tem explicações diferentes para cada lado da curva. No caso da dieta com baixo teor de energia, o que ocorre é que são usados alimentos mais grosseiros, com menor digestibilidade. Nesta condição, a taxa de passagem é mais lenta, o que reduz a eficiência de síntese de PBm porque as populações bacterianas estão

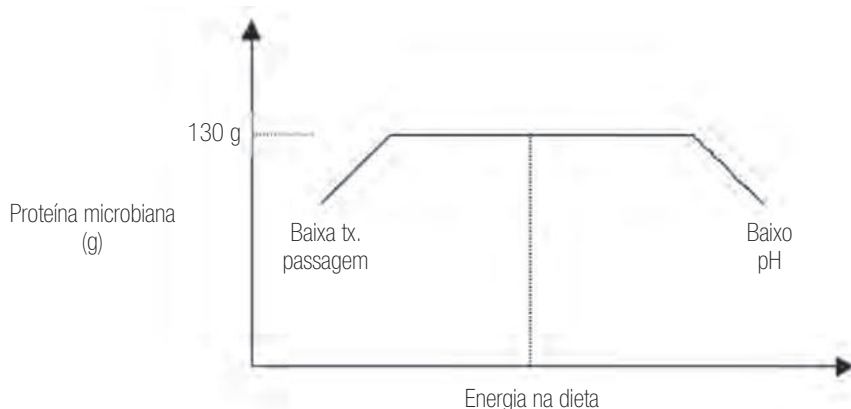


FIGURA 3.2.

Relação entre a concentração de energia na dieta e a produção de proteína microbiana para cada quilograma de NDT.

mais velhas e, assim, acabam gastando proporcionalmente mais energia em manutenção do que em crescimento. Opostamente, quando a taxa de passagem é mais alta, as populações bacterianas, encontram-se ainda na fase exponencial de crescimento, usando mais energia para crescimento do que mantença e, portanto, produzem mais para cada unidade de energia. No outro extremo, nas dietas de alta densidade energética, a queda na eficiência da produção de PBm se dá por conta do menor pH, em função das elevadas taxas de fermentação, o que eleva as exigências de energia de manutenção dos microrganismos, tornando-os menos eficientes.

Uso de NNP para produção de proteína microbiana

Além de se adequar a quantidade de NNP a energia fermentescível no rúmen, pode-se melhorar o aproveitamento do nitrogênio com um melhor sincronismo entre a sua liberação e a energia fermentativa ruminal. A ureia é a principal fonte de NNP, mas apresenta alta velocidade de hidrólise e, portanto, elevadas quantidades de N liberada no tempo. Na hipótese da capacidade dos microrganismos do rúmen em assimilar essa alta quantidade de N for ultrapassada o excesso pode ser perdido.

A lenta liberação de nitrogênio é algo interessante, especialmente em condições de pastagem na época das secas, pois ajudaria a reduzir a chance de perdas de nitrogênio. Todavia, há hoje o reconhecimento que há mais importância na oferta balanceada de proteína degradável no rúmen em relação ao teor de energia fermentescível da dieta do que propriamente no sincronismo (NRC, 2000). Isso ocorre em função de um ativo sistema de reciclagem endógena de nitrogênio ureico para o rúmen. Cerca de até 63% do N ureico reciclado no trato gastrointestinal pode ser reaproveitado para processos anabólicos, ou seja, produção de aminoácido bacteriano (Lapierre e Lobley, 2001). Ocorre que a reciclagem e seu uso para produção de proteína microbiana também é dependente de energia, portanto, pode-se esperar menor reciclagem no caso de pastagens tropicais na seca, o que aumentaria a importância do sincronismo.

Absorção de proteínas

A proteína que entra no trato digestivo sofre a ação das enzimas proteolíticas, produzidas pela mucosa gástrica, pelo pâncreas e pela mucosa intestinal, e são reduzidos a aminoácidos (Aa) e peptídeos que serão absorvidos no intestino delgado. Outras enzimas proteolíticas localizadas nas microvilosidades reduzem polipeptídeos remanescentes a tri e dipeptídeos e aminoácidos. Tri e dipeptídeos são transportados ativamente do lúmen para o citoplasma da célula epitelial do intestino delgado. O transporte é considerado ativo porque os carreadores vão contra o gradiente de concentração e, portanto, é feito com gasto de energia. Além de energia, esse mecanismo depende da concentração do íon sódio. A quebra das ligações entre os tri e dipeptídeos em aminoácidos ajuda na manutenção de um gradiente mais favorável, pois reduz a concentração de tri e dipeptídeos dentro da célula epitelial.

Os Aa competem uns com os outros por carreadores e sítios de absorção. Outra característica importante é que diferentes Aa tem diferentes taxas de absorção. Portanto, diferentes misturas de Aas têm diferentes taxas de absorção. Inclusive, esta tem sido uma linha de pesquisa específica, ou seja, encontrar misturas de Aa que garantam maior taxa de absorção. As imunoglobulinas após o nascimento são um caso de absorção de proteínas intactas. (fato ocorrido nas primeiras horas de vida do bezerro ao mamar o colostro). A absorção pelas zonas de oclusão (espaço entre as células epiteliais do intestino delgado) não é o mecanismo principal, havendo carreadores específicos para cada tipo de imunoglobulinas.

A digestibilidade intestinal da proteína não degradada no rúmen (PNDR) é considerada como 80%. Um caso interessante é do software de formulação RLM (3.2), no qual é feito o desconto de proteína indisponível, subtraindo o valor da PB menos o valor de PIDA, subtração após a qual se assume que a digestibilidade da PNDR como 90%.

EFEITO DA PROTEÍNA NA SUPLEMENTAÇÃO

Nas condições de Brasil Central, em que as pastagens apresentam baixo valor nutricional na época da seca, o teor de proteína bruta constantemente se encontra abaixo do nível crítico para atender a exigência da microbiota ruminal (7% PB), o que resulta em baixa IMS de forragem.

A deficiência proteica pode limitar a produção animal, não só pelo decréscimo nas taxas de digestão e de passagem devido a teores de PB abaixo do limite crítico, mas também em função de um aporte subótimo de aminoácidos no duodeno, em função da menor produção de proteína microbiana (Preston e Leng, 1987). Em adição a isto, eventualmente, pode haver deficiência de ácidos graxos de cadeia ramificada, provenientes da degradação de proteína verdadeira que, inclusive, podem ajudar na eficiência do crescimento microbiano, aumentando o aporte de proteína microbiana no intestino.

O baixo desempenho animal em pastagens de gramíneas tropicais durante o período seco pode ser explicado, em grande parte, pela deficiência proteica comum para as principais gramíneas tropicais usadas no Brasil (Euclides e Medeiros, 2003). Por outro lado, quanto maior a massa de forragem, maior a capacidade de seleção e maior a diferença entre o valor de PB da planta inteira e o valor do PB ingerida pelo animal, o que pode reduzir a resposta à suplementação proteica.

O USO DE CONCENTRADO PARA ANIMAIS EM PASTEJO

Pastagens com baixo valor alimentar

Pastagens com baixo valor alimentar são, tipicamente, aquelas encontradas na época seca. Nesta época, a paralisação do crescimento leva a um aumento da idade das plantas que compõem a pastagem. Como as plantas com o passar do tempo reduzem o conteúdo celular, aumentam o material fibroso e os fatores anti-nutricionais, com destaque para a lignina. O resultado

é a redução do teor de nutrientes e da sua digestibilidade. No caso dos nutrientes, o que mais afeta o uso da pastagem é a proteína, quando seus teores estão abaixo do nível crítico, conforme já comentado.

Efeito da suplementação sobre a produção animal na seca e nas águas

Em uma tentativa de se estimar o efeito da suplementação sobre o ganho de peso animal e sobre a conversão alimentar, foi construído um banco de dados com base em trabalhos publicados no Brasil e que utilizaram a suplementação alimentar em pastos durante o período seco ($n = 23$) e no período das águas ($n = 20$) (Euclides e Medeiros, 2005). Analisando-se a regressão da média de oferta de concentrado e a conversão alimentar (kg de concentrado necessário para 1 kg de ganho de peso) no período da seca (Figura 3.3A), pode-se observar aumento linear na quantidade de concentrado para cada quilograma de ganho de peso vivo.

A Figura 3.3B representa a regressão entre a média de oferta de concentrado e o desempenho dos animais usando os dados dos mesmos trabalhos. Verifica-se na Figura 3.3B uma maior dispersão para a conversão, indicando também grande variação dos resultados entre os vários experimentos, contudo, com comportamento quadrático, ou seja, há um ponto de máximo, a partir do qual a conversão começa a piora. As quantidades menores de suplemento proteico atenuam a limitação dos baixos teores de N das forragens na seca e aumentam a ingestão de matéria seca o que resulta em maior consumo da forragem suplementada em relação à não suplementada. Isto explica tanto a boa resposta à suplementação, quanto a grande variação nos resultados. Todavia, à medida que se aumenta a oferta de concentrado, começa a ocorrer o efeito substitutivo responsável pelos ganhos decrescentes. Para valores acima de cerca de 4-5 kg ocorre de fato redução no GDP que pode ser explicada pelo excesso de energia fermentescível e pelo consequente desafio ao tamponamento do pH ruminal. Em quantidades muito elevadas o concentrado pode aumentar muito a produção de ácidos graxos voláteis que podem causar efeito de redução de pH ruminal, com diminuição da degradação dos carboidratos estruturais da dieta.

As mesmas regressões feitas para os trabalhos de suplementação realizados no período de chuvas revelaram comportamento semelhante quanto à conversão alimentar (Figura 3.4A), mas bastante distinto quanto ao ganho de peso (Figura 3.4B). Para o período das águas, apesar de a conversão ter sido melhor para oferta igual a zero (Intercepto águas = 0,129 g de concentrado/kg de GDP) do que aquela verificada na seca (Intercepto seca = 1,030 g de concentrado/kg de GDP), a taxa de decréscimo da conversão é semelhante e perto de 1,1 kg para cada quilograma de concentrado adicionalmente ofertado (Figura 3.4A). Ao contrário do ocorrido no período seco, em que existe relação entre a oferta de concentrado e o ganho, a Figura 3.4B evidencia a inexistência da relação entre a oferta de concentrado e o desempenho animal. Isso decorre de dois motivos: 1) os desempenhos em pastagens nas águas podem ser altos mesmo quando a suplementação é só de minerais e 2) o efeito de substituição ocorre mesmo nas suplementações mais brandas.

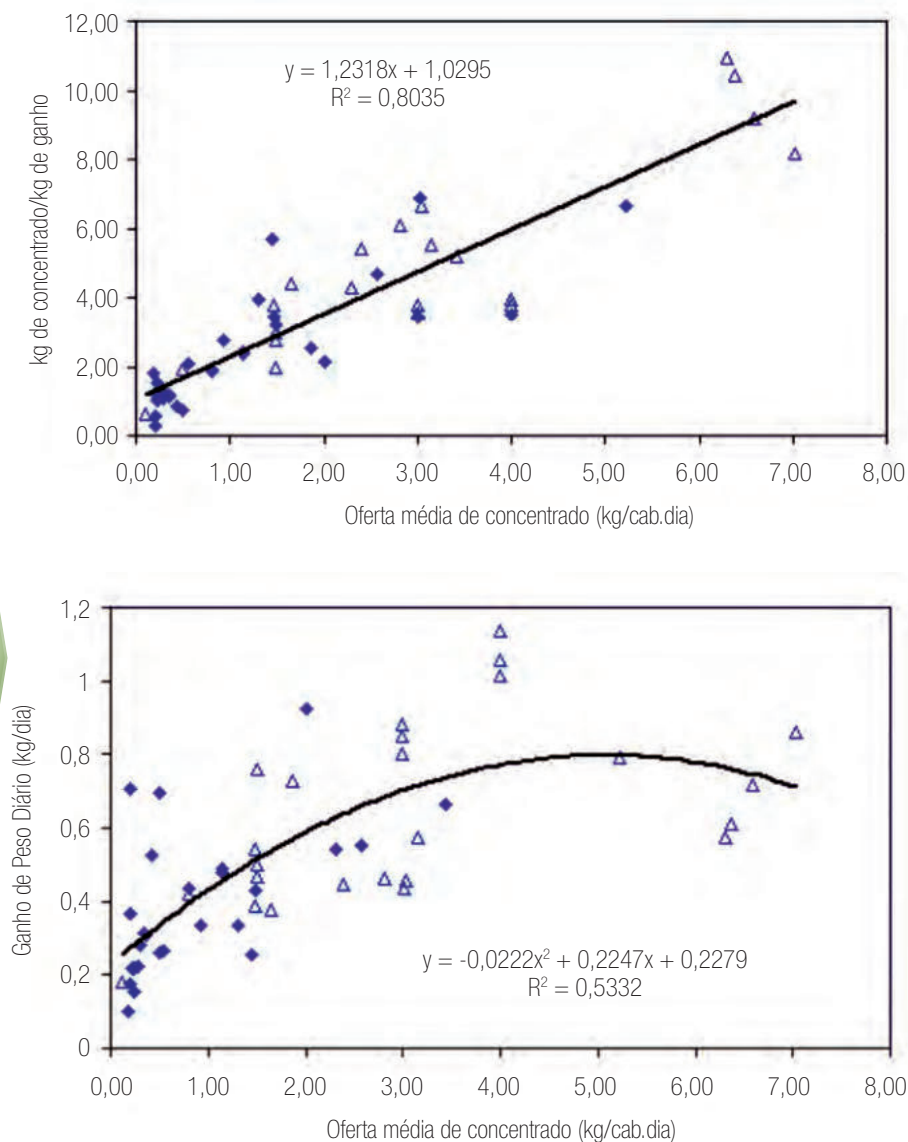


FIGURA 3.3.

A: Regressão entre a média da oferta de concentrado e a conversão alimentar (kg de concentrado necessário para 1 kg de ganho de peso) e **B:** entre a média de oferta de concentrado e o ganho diário de peso vivo (kg/cabeça/dia), no período da seca, de alguns trabalhos publicados no Brasil (n=23) (Euclides e Medeiros, 2005).

Em síntese, essas regressões mostram que a preferência por suplementações mais modestas ajuda na economicidade dos sistemas produtivos, não só pela redução do investimento, mas também pelo aumento da eficiência no uso dos insumos, especialmente, pela maximização da utilização

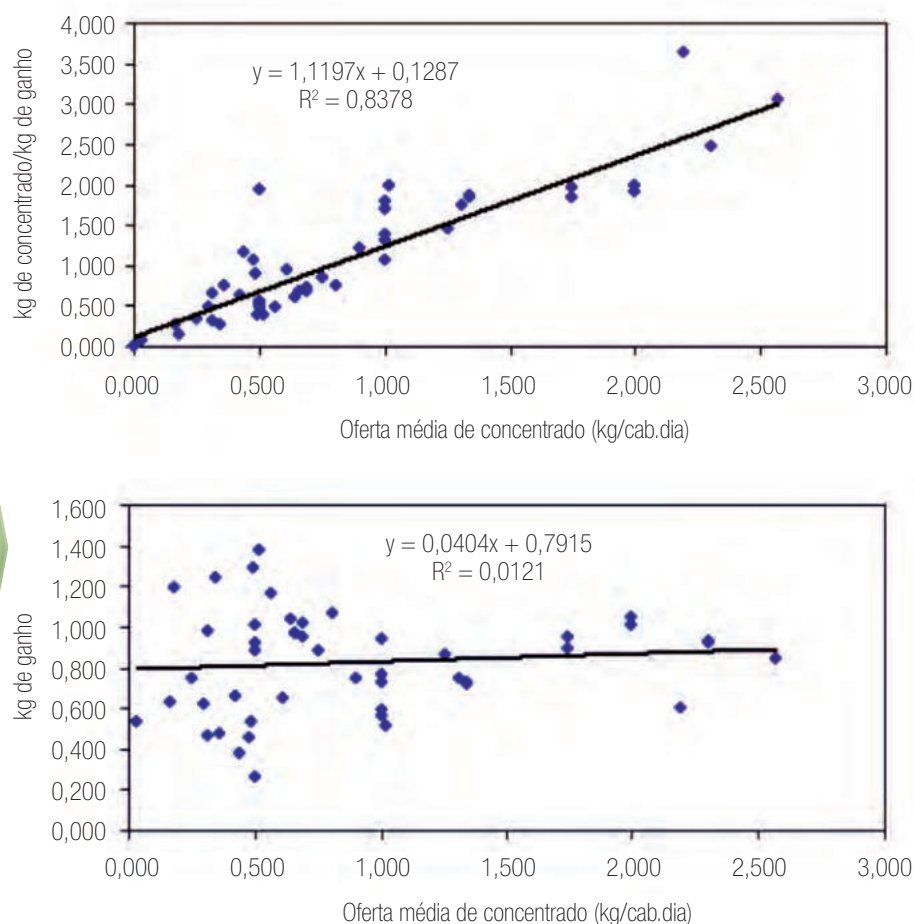


FIGURA 3.4.

A: Regressão entre a média da oferta de concentrado e a ganho diário de peso vivo (kg/cabeça/dia) e **B:** entre a média da oferta de concentrado e o ganho diário de peso vivo (kg/cabeça/dia), no período das águas, de alguns trabalhos publicados no Brasil (n=20) (Euclides e Medeiros, 2005).

da forragem. É evidente que os níveis de ganho necessários para justificar cada sistema de produção podem exigir taxas maiores de ganho, mas, ainda assim, a observação de bons desempenhos mesmo com suplementações menos intensas comprova que nem sempre se aproveita as forragens no seu potencial.

Esta análise mostra também, que a suplementação nas águas é de resultado bastante incerto, indicando ainda, a importância de se combinar esta estratégia com o aumento da lotação como forma de aproveitar o provável aumento de disponibilidade de forragem por cabeça para justificar o investimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

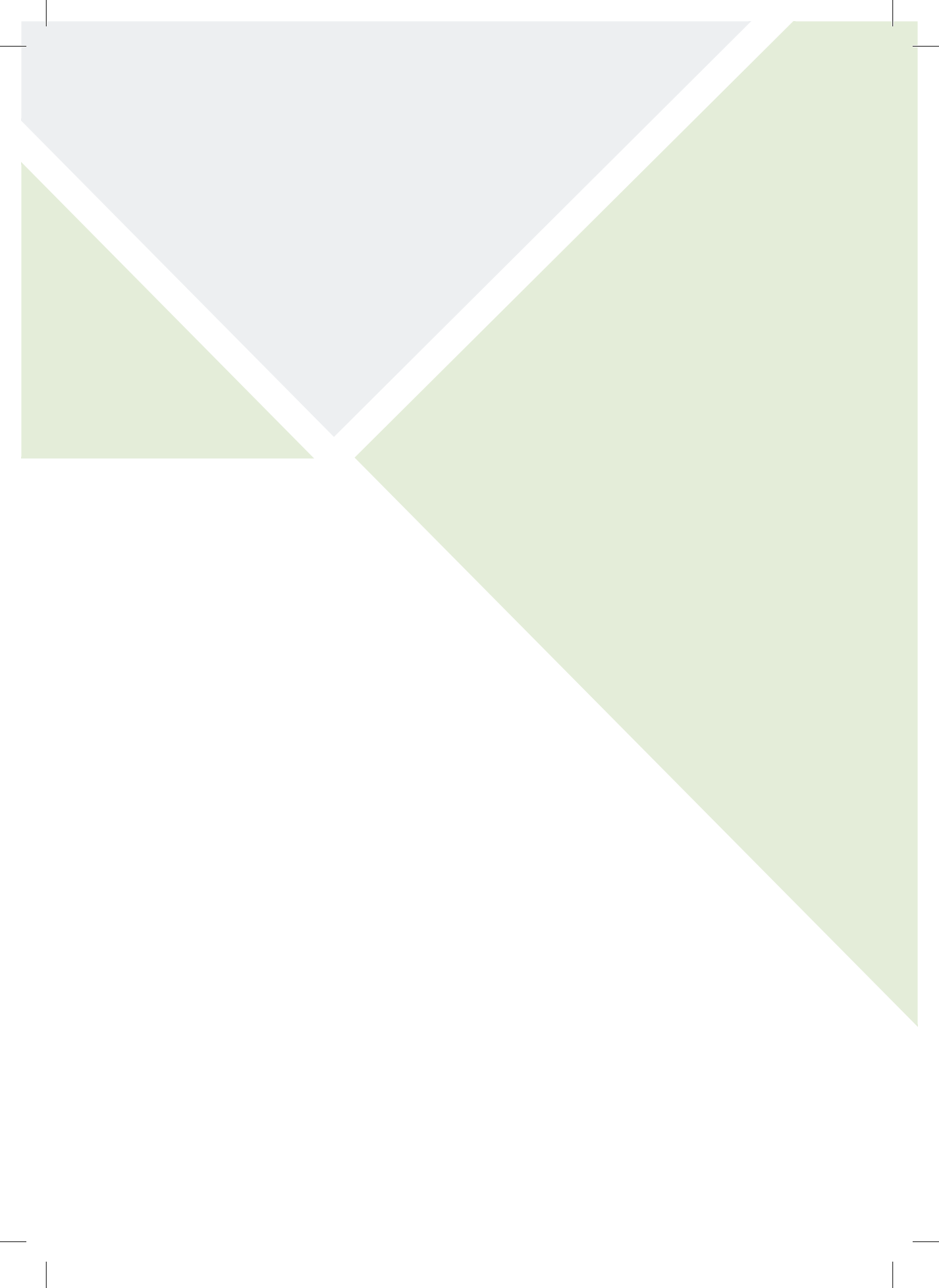
O conhecimento do metabolismo da proteína nos ruminantes e seu uso estratégico em forma de suplementação nos sistemas de produção brasileiros, pode ser decisivo para termos eficiência nos sistemas, podendo significar a sustentabilidade ou não dos mesmos.

4

CAPÍTULO

Carboidratos na nutrição de gado de corte

*Sérgio Raposo de Medeiros
Carolina Tobias Marino*



INTRODUÇÃO

Carboidratos (CHO) são compostos formados por carbono, hidrogênio e oxigênio que representam a categoria mais abundante em termos de nutrientes nas plantas. São divididos em CHO estruturais (fazem parte da parede vegetal) e não estruturais (não fazem parte da parede celular das plantas e aproveitados como fonte de energia por meio de uma relação mutualística com bactérias, fungos e protozoários que habitam o rúmen).

As forragens são o alimento preponderante para ruminantes em condições naturais, o que confere a estes animais uma grande vantagem competitiva. Mas os ruminantes aproveitariam muito pouco se dependessem apenas de suas próprias enzimas, incapazes de quebrarem as ligações químicas formadoras dos carboidratos estruturais.

Neste ponto é que entra a retribuição dos microrganismos que habitam o rúmen. São eles que degradam os carboidratos estruturais, concomitantemente com os carboidratos não estruturais, transformando-os em açúcares simples, retirando destes a energia que precisam através da fermentação. O ruminante, por sua vez, fornece para esses microrganismos o ambiente ruminal com condições relativamente estáveis (umidade, calor, pH, osmolaridade, anaerobiose) e substrato (alimento) periodicamente renovado.

FUNÇÃO DOS CARBOIDRATOS

A principal função dos carboidratos é ser fonte de energia para os animais. No caso dos ruminantes, a maior parte da digestão ocorre no rúmen, apesar de que, dependendo dos ingredientes da dieta, digestão de porção considerável de CHOs pode ocorrer pós-ruminalmente.

A fermentação é um processo muito menos eficaz do que a respiração, em termos de utilização de energia. Graças a isso, os resíduos da fermentação ainda contêm energia para ser aproveitada pelo hospedeiro. Os resíduos da fermentação ruminal dos carboidratos são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acético, propiônico e butírico, que são absorvidos pelas papilas ruminais e passam à circulação sanguínea. Os AGCC podem ser usados para geração de energia ou como precursores de gordura (acético e butírico) ou de glicose (propiônico).

Os principais exemplos de carboidratos não estruturais (CNEs) nas plantas são o amido dos grãos e os açúcares solúveis das forragens. Eles também têm elevada importância por serem fontes concentradas de energia de rápida disponibilidade. Quando se pretende elevar o teor de energia das dietas de ruminantes se aumenta a inclusão de fontes destes CHOs, o que pode levar a aumento no desempenho animal.

O desafio é usá-los de maneira a aproveitar sua energia, sem atrapalhar a degradação do restante da dieta – particularmente da fibra. Na verdade, em dietas fibrosas, a inclusão de pequenas quantidades de CNEs pode ser benéfica para a degradação da fibra, fornecendo energia que ajuda os microrganismos a diminuir o tempo de colonização das partículas fibrosas.

Todavia, havendo intensa produção de ácidos graxos de cadeia curta pela fermentação dos CNEs, uma sobrecarga ao sistema tampão ruminal, pode levar ao abaixamento do pH ruminal. As bactérias celulolíticas são extremamente sensíveis a redução no pH. Portanto, os CNEs podem reduzir a degradação da fibra principalmente pelo abaixamento do pH ruminal. Os CNEs podem causar também a repressão catabólica – que seria a capacidade de certas bactérias pararem de usar um substrato (como a celulose) para usarem outro de mais fácil degradação (como a glicose). Aparentemente, esse efeito seria secundário em importância na redução da degradação de carboidratos estruturais.

Para que o efeito da fermentação dos CNE não venha a causar problemas metabólicos, que veremos mais a frente, é preciso que haja carboidratos estruturais (CE) na quantidade e no tipo que garanta a estimulação da ruminação, da salivação e da motilidade ruminal. Os CE conferem estimulação física a sensores ruminais responsáveis pela motilidade deste compartimento, necessária para a execução de uma das principais atividades do bovino, que é a ruminação. A propriedade de troca catiônica da fibra também é importante na capacidade de tamponamento do rúmen. Portanto, os carboidratos (estruturais) são importantes também para a manutenção da saúde do animal.

Por mais que exista uma condição ótima para a fermentação ruminal, havendo forragem envolvida, sempre haverá um resíduo indegradável. Isto está ligado ao fato de que a função dos carboidratos estruturais é formar e manter a estrutura da planta. Portanto, é de se esperar que precise haver um agente que dê mais resistência a esta estrutura. Nas plantas, o papel principal para a resistência é desempenhado pela lignina. O processo de lignificação das paredes celulósicas com o avançar da idade (ver Tabela 4.6) é que confere ao pasto com muitos dias de crescimento (“pasto passado”) a característica de maior rigidez das plantas. A lignina reduz o acesso dos microrganismos aos CE.

A indegradabilidade da fibra pode influenciar a capacidade ingestiva do animal. Portanto, os carboidratos estruturais podem afetar o consumo voluntário do animal. Isso ocorre na medida em que o animal pode até ainda não ter ingerido toda a energia de que necessita, mas não consegue ingerir mais alimento por causa do limite físico do rúmen. É, portanto, um efeito de enchimento ruminal para o qual muitas vezes é usado o termo em inglês “rumen fill”.



OS CARBOIDRATOS E SUAS FRAÇÕES DE INTERESSE NA NUTRIÇÃO

Separam-se os CHO em duas frações, diferenciadas pelas funções que desempenham em:

- a) *Carboidratos não estruturais*: ligados à reserva e translocação de energia e síntese de outros produtos.
- b) *Carboidratos estruturais*: responsáveis por dar forma e manter a estrutura da planta. Resiste às enzimas digestivas de mamíferos.

Carboidratos não estruturais

Os carboidratos não estruturais (CNE) são definidos como o conjunto de CHO determinados através de ensaio enzimático proposto por Smith (1981). Sob essa definição, CNE consistem, além de amido, em açúcares simples, frutanas, ácidos orgânicos e outros compostos de menor ocorrência. Eles estão localizados principalmente nas sementes, mas podem ser encontrados também nas folhas, caules e raízes, principalmente como carboidratos de reserva.

Os açúcares solúveis de maior ocorrência nas forragens são a glicose e frutose, como monossacarídeos ou participando da formação dos dissacarídeos, sacarose e maltose.

Os CNE são, normalmente, rapidamente fermentados pelos microrganismos ruminais e, portanto, são fontes mais prontamente disponíveis de energia para o meio ruminal. Por outro lado, a intensa produção de ácidos graxos de cadeia curta em pouco tempo (quando comparada com os carboidratos estruturais), pode causar abaixamento do pH ruminal, com implicações negativas no aproveitamento da dieta, como já comentado.

Carboidratos não fibrosos

O sistema mais usual de análise de alimentos, sistema de Weende ou sistema proximal, não tem a determinação específica de carboidratos não estruturais, mas tem uma aproximação que é o extrativo não nitrogenado (ENN). Na verdade, o ENN é a MS total subtraída da somatória dos valores determinados de Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), fibra bruta (FB) e cinzas (CZ):

$$\text{ENN} = 100\% \text{ MS} - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ FB} + \% \text{ CZ})$$

O ENN inclui todos os erros destas análises. O maior deles estaria na fração Fibra Bruta, que resulta em uma superestimativa do ENN. A fibra bruta está sendo substituída praticamente em todos laboratórios de nutrição animal pela fibra em detergente neutro (FDN), de Van Soest. Assim, de maneira análoga, estima-se os carboidratos não fibrosos (CNF) pela fórmula:

$$\text{CNF} = 100\% \text{ MS} - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ FDN}_{\text{livre de PB}} + \% \text{ CZ})$$

Faz parte do CNF um grupo de compostos denominados **polissacarídeos não amiláceos hidrossolúveis** (PNA hidrossolúveis). Eles seriam constituídos pelas frações não recuperadas no resíduo de FDN (solúveis em detergente neutro), mas que seriam resistentes às enzimas digestivas de mamíferos. Os PNA hidrossolúveis contêm vários componentes que são componentes da parede celular (beta-glucanas, pectinas, etc.), polissacarídeos de reserva, como galactanas, e outros.

Relação entre CNE e CNF

Há grande variação quanto aos valores de CNF e CNE entre os alimentos. A maior parte da diferença é causada pela pectina e ácidos orgânicos.

A pectina faz parte dos CNF, mas não faz parte do CNE. A equação abaixo define a relação entre eles.

$$\text{CNF} = \text{CNE} + \text{PNA hidrossolúveis}$$

O valor de CNF é próximo ao teor de açúcares + amido em alimentos que tem pouco PNA e, as gramíneas de modo geral assim como os grãos destas, atendem bem a esse critério. Outros alimentos, todavia, têm considerável presença de PNA. Por exemplo, polpa de citrus, polpa de beterraba e leguminosas são ricas em pectina. A pectina, apesar de ser estrutural, isto é, ser parte da parede celular, nutricionalmente atende os critérios de PNA. Já aveia, centeio, cevada e triticale, por sua vez, contêm quantidades apreciáveis de beta-glucanas. Na Tabela 4.1, abaixo, algumas dessas diferenças podem ser observadas.

A vantagem dos PNA hidrossolúveis é que, apesar da grande extensão de degradação, semelhante ao amido, sua fermentação não produz ácido láctico, o mais forte ácido orgânico. Havendo menor produção de ácido láctico, existe um menor desafio para o sistema tampão ruminal e o pH ruminal fica mais estável. Isso ajuda na eficiência ruminal, pois melhores condições são mantidas para os microrganismos ruminais.

TABELA 4.1. Valores de carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos não estruturais (CNE) para vários alimentos

ALIMENTO	CNF ¹ , %MS	CNE ² , %MS	PNA HIDROSSOLÚVEIS ³ , %MS
Silagem de alfafa	18,4	7,5	10,9
Feno de alfafa	22,0	12,5	9,5
Silagem de milho	41,0	34,7	6,3
Milho moído	67,5	68,7	-1,2
Polpa de beterraba	36,2	19,5	16,7
Caroço de algodão	10,0	6,4	3,6
Cevada, grão	60,7	62,0	-1,3
Glutenose	17,3	12,0	5,3
Casca de soja	14,1	5,3	8,8
Farelo de soja, 45%	34,4	17,2	17,2

¹ CNF = 100% MS – (% PB + % EE + %NDF_{livre de PB} + % CZ);

² CNE determinados conforme o método enzimático (Smith, 1981);

³ PNA hidross. = CNF – CNE.

Fonte: NRC, 2001.

Amido é o principal CNE para ruminantes

O amido corresponde a 50-100% do CNE na maioria dos alimentos. Como qualquer outro CNE, tem como características a alta taxa de fermentação, produção de ácido lático como subproduto e redução do pH ruminal com consequente possibilidade de atrapalhar a degradação da fibra. Por outro lado, em pequenas quantidades podem ajudar no crescimento inicial das bactérias ruminais, reduzindo o tempo de colonização das partículas de alimentos pelas bactérias. O tempo de colonização, ou lag-time, é o tempo entre o início da colonização até o início da degradação.

A velocidade com que o amido é degradado varia em função do seu grau de cristalização e também de eventuais processamentos (moagem, floculação, laminação). Os grânulos de amido do milho são bastante cristalizados e, portanto, menos acessíveis às enzimas, em oposição aos grânulos de amido na cevada, que são muito mais acessíveis e resultam em fermentação ruminal mais intensa. A taxa de fermentação de várias fontes de amido foi assim classificada: aveia > trigo > cevada > milho > sorgo.

Digestibilidade do amido

A digestibilidade ruminal do amido pode ser elevada com o processamento do grão. Há vários tipos de tratamentos:

- **Moagem:** É o tratamento mais simples, pois há apenas uma redução do tamanho de partícula e, assim, maior exposição de partes do grão menos resistentes à digestão. Apesar da maior exposição do substrato às enzimas, a menor granulometria faz com que o milho moído permaneça menos tempo no rúmen, passando uma maior quantidade de amido para o trato digestivo posterior, onde seu aproveitamento, em caso de alta ingestão de amido, pode ser menos interessante para o bovino.
- **Laminação:** Consiste simplesmente no amassamento do grão umedecido, com uso de vapor. Semelhante à moagem, aumenta a superfície de exposição do grão, porém em uma menor extensão.
- **Floculação:** É o mais intenso dos processamentos e o que resulta no maior aumento de degradação ruminal do amido. Além do amassamento, a laminação envolve o uso de umidade com calor no momento de amassamento. A umidade e o calor ajudam a transformar a estrutura cristalina dos grânulos de amido em grânulos amorfos, processo conhecido como gelatinização do amido. A gelatinização do amido é o mesmo processo que ocorre quando cozinhamos batatas, por exemplo. As diferenças entre os tratamentos com relação a esta variável pode ser vista na Tabela 4.2, abaixo:

A moagem altera, relativamente, mais o local de digestão do que a própria digestibilidade total. A digestibilidade ruminal do amido do milho quebrado é de 44%, ao passo que a do milho moído fica em torno de 60-65%, uma vez que este escapa mais facilmente do rúmen. Assim, o milho moído tem uma taxa de passagem ruminal maior, portanto, sofrendo por menos tempo a ação fermentativa neste compartimento. Todavia, independente

TABELA 4.2. Valores de digestibilidade ruminal de amido de milho e sorgo em função do efeito do processamento

DIGESTIBILIDADE RUMINAL DO AMIDO	MILHO (%)	SORGO (%)
Inteiro	62,6	-
Laminado à seco	65,0	64,0
Moído	76,4	67,3
Laminado à vapor	76,8	-
Floculado	85,6	82,6

Fonte: Nocek e Tamminga, 1991.

das proporções degradadas ruminalmente ou pós-ruminalmente, a digestibilidade total no trato gastrointestinal é semelhante e fica próxima aos 90%.

Como uma alta digestibilidade no rúmen pode fazer com que o pH ruminal fique abaixo do ideal para o crescimento microbiano, o que pode reduzir digestibilidade da dieta como um todo, em determinadas situações, o processamento mais intenso pode ser menos interessante do que um processamento menos efetivo.

Esse é o caso de dietas com alto teor de cereais (milho, sorgo, cevada) na matéria seca e que tenha outros ingredientes da dieta com pouca efetividade da fibra. Nesse caso, apenas quebrar o milho pode ser mais interessante do que moer finamente, pois a maior taxa de degradação ruminal deste último pode fazer com que o pH ruminal fique mais facilmente abaixo do ideal para a degradação da fibra. Há uma recomendação prática para, ao se usar valores maiores do que 30% da MS da dieta como milho, apenas quebrá-lo e, valores abaixo destes, deveriam ser moídos grosseiramente.

Atualmente, a recomendação tem sido maximizar a fermentação do amido no rúmen, pois, dessa forma, seria obtido maior crescimento microbiano e, conseqüentemente, maior degradação da dieta e maior aporte de proteína microbiana no intestino delgado. O pH ruminal, neste caso, é crítico e alternativas para reduzir seu abaixamento excessivo são utilizadas: uso de tamponantes (bicarbonato de sódio), alcalinizantes (calcário tipo filler), ingredientes com bom poder tampão (polpa de citrus, leguminosas, etc.), aditivos (ionóforos, leveduras) e manejo alimentar (oferecimento da dieta em várias refeições).

Outro fator que pode diminuir efeito do processamento no aumento de energia de fontes de amido é que, além da redução do pH ruminal em função da alta digestibilidade ruminal, a glicose absorvida no intestino tem maior eficiência energética, pois não ocorrem perdas por fermentação.

Dessa forma, maior parte da energia conseguida pelo processamento é perdida no processo fermentativo (perdas como metano, CO₂ e calor) que é mais intenso. O grão menos processado resulta em uma maior quantidade digerida no intestino delgado, sem essas perdas. Esse maior aporte pode deixar de ser vantagem quando a quantidade de amido que chega

TABELA 4.3. Valores de digestibilidade ruminal de amido de milho e sorgo em função do efeito do processamento

ALIMENTO	FATOR DE PROCESSAMENTO
Milho, grão quebrado	0,95
Milho, grão moído	1,00
Milho, grão alta umidade	1,04
Milho, grão floculado	1,04
Sorgo, grão laminado	0,92
Sorgo, grão floculado	1,04
Demais alimentos	1,00

Fonte: NRC, 2001.

ao intestino delgado for muito elevada, ultrapassando a capacidade de absorção. Alguns dados de literatura apontam que, para bovinos, aportes de mais de 1 kg de amido pós-ruminal já começam a ser menos eficientemente absorvidos, resultando em mais amido perdido nas fezes.

A capacidade reduzida de aproveitamento do amido do ruminante está de acordo com a sua história evolutiva, com o hábito alimentar baseado em forragens que, praticamente, não tem amido em sua composição. As duas principais causas para isso são a baixa produção de amilases e capacidade de absorver glicose.

Mais recentemente constatou-se que é possível que haja aumento da capacidade de produção de enzimas e da capacidade de absorver glicose, por adaptação à dieta com mais amido, mas, ainda há certa controvérsia se isso seria algo que se poderia contar.

Há uma relação interessante entre proteína dietética e estímulo à produção de amilase pancreática devido a um peptídeo de liberação de colecistoquinina (CCK) que é sensível à estimulação por proteases. A CCK seria responsável, por sua vez, pelo estímulo no pâncreas.

Há uma sugestão para uso prático na correção da energia, estimada como NDT, para incluir o adicional obtido com o processamento. Os valores mostrados na Tabela 4.3, abaixo, estão na tabela de composição de alimentos do NRC para Gado de Leite (2001) e servem para multiplicar valores estimados de NDT pela fórmula de Weiss.

Carboidratos estruturais

Os carboidratos estruturais são aqueles que fazem parte da parede celular das plantas, basicamente representados pela celulose, hemicelulose e pectina. Nas dietas usuais de ruminantes, eles são a principal fonte de energia.

A pectina, apesar de ser um carboidrato estrutural, é praticamente toda utilizada no rúmen, de maneira semelhante aos carboidratos não estruturais, conforme já comentado acima.

Provenientes de alimentos vegetais, normalmente a hemicelulose tem a degradabilidade ruminal entre 45-90% e a celulose, entre 25-90%. Isto porque elas estão associadas com outros compostos que reduzem sua degradabilidade, particularmente, a lignina. O algodão, que é celulose isenta de lignina, é totalmente degradado no rúmen. Há até o caso curioso de sacolinhas de “nylon” que foram colocadas no rúmen, mas que após a incubação foram encontradas totalmente descosturadas, pois havia sido usada, inadvertidamente, linha de algodão para costurá-las e o algodão havia sido totalmente degradado pelos microrganismos ruminais.

Na média, a FDN (parede celular) é menos digestível que o CNF (principalmente conteúdo celular), portanto, a concentração de FDN na dieta está negativamente correlacionada com a concentração de energia, ou seja, quanto maior o FDN, menor o teor de energia do alimento. É comum, portanto, um alimento “A”, com FDN superior ter menos energia que o alimento “B” com FDN menor (e, conseqüentemente, maior CNF). Todavia, o alimento “B”, com FDN inferior pode ter maior teor de lignina que pode reduzir contribuição da fibra para a energia, eventualmente, não compensando sua maior quantidade de CNF, e tendo menor teor de energia que o alimento “A”. Enfim, as proporções relativas dos componentes da parede celular e, especialmente, o teor de lignina e suas interações (químicas e estruturais) com celulose e hemicelulose, são responsáveis pela porção da fibra que potencialmente pode fornecer energia ao animal. Na Tabela 4.4, abaixo, encontra-se descrita a concentração típica de carboidratos em 3 categorias de forragens.

TABELA 4.4. Concentração típica de carboidratos em leguminosas de clima temperado, gramíneas de inverno e gramíneas de verão.

CATEGORIA	LEGUMINOSAS DE CLIMA TEMPERADO	GRAMÍNEAS DE INVERNO	GRAMÍNEAS DE VERÃO
g/kg MS CNE			
Açúcares solúveis	20-50	30-60	10-50
Amido	10-110	0-20	10-50
Frutanas	-	30-100	-
CE			
Celulose	200-350	150-450	220-400
Hemicelulose	40-170	120-270	250-400
Pectina	40-120	10-20	10-20

Fonte: Moore e Hatfield (1994), adaptado de Van Soest, 1994.

FDN fisicamente efetivo

O FDN fisicamente efetivo (FDNfe) é a porção da fibra do alimento, ou da dieta, que efetivamente estimula a ruminação e a motilidade ruminal. O principal fator do alimento que afeta essa característica é o tamanho de partícula, associado à baixa taxa de degradação. Apenas partículas grandes requerem mastigação para serem reduzidas e saírem do rúmen. O valor 1,18 mm corresponderia ao tamanho médio das partículas para deixarem o rúmen pelo orifício retículo-omasal. As maiores partículas nas fezes de vacas ficam retidas em peneiras de 3 mm, mas as partículas médias ficam retidas em peneiras de 1 mm.

O FDNfe é medido, simplesmente, como a porcentagem do alimento que é retido em uma peneira de 1,18 mm, após ser submetido a vibração vertical. A importância do sentido vertical é que, usando-se vibradores com movimento horizontal, partículas um pouco mais longas, mas com largura menor que 1,18 mm acabam não passando pelas peneiras, superestimando o valor de FDNfe.

Na Tabela 4.5, abaixo são apresentados alguns valores de FDNfe para algumas forragens, bem como o efeito do processamento. O tamanho de partícula e o grau de lignificação afetam FDNfe.

De maneira esperada, o FDNfe diminui à medida que se processa mais o alimento. Importante observar que esse conceito implica que todas as partículas maiores do que 1,18 mm teriam a mesma efetividade. Essa é uma simplificação e muitos outros fatores, como grau de hidratação e de lignificação, devem ser consideradas. Também surgiu nos últimos anos o conceito de FDN efetivo (FDNe) que levaria em conta outras características

TABELA 4.5. Valores de FDN fisicamente efeito para algumas forragens e o efeito do processamento

FORMATO FÍSICO	COMPRIMENTO (CM)	FENO DE GRAMÍNEA	SILAGEM DE GRAMÍNEA	SILAGEM DE MILHO	FENO DE ALFAFA	SILAGEM DE ALFAFA
% de FDN fisicamente efetivo						
Longa	–	100	–	–	100	–
Picada – Partículas Grossas	4,8 a 8,0	95	95	90	-	85
Picada – Partículas Médias	1,2 a 2,0	90	90	85	85	80
Picada – Partículas Finas	0,3 a 0,5	85	85	80	80	70
Moída	0,15 a 0,25	40	–	–	40	–

Fonte: Mertens, 1997.

dos alimentos que tenham implicação no funcionamento normal do rúmen e a manutenção do pH, como tamponamento intrínseco, teor e tipo de CHO, teor de gordura e outros.

Quantidade mínima de fibra

Há uma quantidade mínima de carboidratos estruturais que é crítica para a efetiva estimulação da ruminação, da salivação e da motilidade ruminal. Na falta de estímulo de fibra no retículo, o bovino não ruma, o que reduz a produção de saliva. Esta, por sua vez, é rica em elementos tamponantes e, portanto, sua falta resulta em queda de pH que, sendo intensa, pode levar a acidose. O quadro de acidose pode desdobrar em timpanismo espumoso e laminite. Essa primeira doença metabólica decorre da estabilidade das bolhas, em função do aumento da viscosidade do fluido ruminal, que não deixam os gases da fermentação serem eructados, podendo até causar a morte por asfixia, uma vez que o rúmen inflado acaba por comprimir os pulmões. No caso da laminite, o problema é de edema nos membros inferiores do animal, causando desconforto, perda de apetite e imobilidade.

É comum haver casos de acidose subclínica, ou seja, que existe mas que não mostra sinais evidentes. Um bom indicativo de que ela pode estar ocorrendo é consumo de matéria seca muito variável (Owens et al., 1998).

A fibra também estimula a motilidade, que é importante por aumentar o contato do substrato com as enzimas extracelulares dos microrganismos do rúmen, auxiliar na ruminação e na renovação de conteúdo ruminal, ajudando a aumentar a taxa de passagem. A taxa de passagem tem importantes consequências. Ela altera a eficiência da produção microbiana uma vez que taxas de passagem mais rápidas favorecem maior eficiência no crescimento microbiano. Todavia, caso a taxa de passagem seja muito maior que taxa de renovação dos microrganismos (o tempo que leva para uma população nova substituir uma anterior), essa população de microrganismos vai se reduzindo até desaparecer.

Outro efeito da taxa de passagem, igualmente importante, e que pode ter grande impacto na utilização dos alimentos, é que ela pode alterar a degradação efetiva do alimento. Assim, um alimento que tenha 70% de digestibilidade com incubação por 24h, pode ter sua digestibilidade reduzida, caso ele permaneça menos do que 24h no rúmen.

Na determinação do nível mínimo de fibra na dieta é importante que seja considerada a porção da fibra que efetivamente estimula a ruminação. Em dietas com bagaço de cana-de-açúcar tratado a pressão e vapor, por exemplo, o valor calculado de fibra, como FDN, pode ser bastante elevado (50%, por exemplo), mas, ainda assim, é provável que o animal não apresente ruminação, pois no tratamento a fibra é totalmente pulverizada, perdendo sua efetividade. Para contornar situações como essa que foi estabelecido o parâmetro de *FDN_fisicamente efetivo* (FDNfe), discutido anteriormente.

Valores mínimos de FDNfe para bovinos de corte

Ao contrário de bovinos de leite, uma vez que a falha em provê-lo é facilmente identificável por mudanças na produção e composição de leite, bovinos de corte não têm bem definidos os valores mínimos de fibra.

Em bovinos de corte, alguns sistemas de formulação de rações têm estipulado como nível crítico o de 15%. O que se sabe é que em zebuínos essa exigência de FDNfe é mais crítica.

Dependendo das fontes de energia, dos outros ingredientes, da adaptação à dieta, da fonte de fibra, da presença de aditivos e do manejo alimentar, valores menores podem não resultar em problema. Isso fica claro nos dados de Bulle et al. (2002), no qual bovinos Nelore consumindo dietas com apenas 15% de FDN tiveram excelente desempenho, com GDP maior do que 1,5 kg. Neste caso, a fonte de fibra foi bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, uma fonte de fibra efetiva excelente, pois é fibra altamente indigestível.

Os grãos também tem alguma efetividade como fibra. Em dietas com grãos de milho inteiro como maior parte da dieta, pode haver estímulo para ruminação, ainda que insuficiente para essa situação. Nas dietas sem uso de volumoso, a recomendação de usar o grão inteiro ocorre exatamente por conta deste estímulo e, também, de uma redução na taxa de degradação ruminal do milho. Ainda assim, neste tipo de dieta são utilizados aditivos e tamponantes para reduzir o risco de problemas metabólicos.

Importância da manutenção do pH ruminal

O pH ruminal é a mais importante variável ruminal na degradação da fibra. A manutenção dele acima de 6,2 é altamente desejável, pois esse é um valor considerado crítico para a atividade das bactérias celulolíticas e boa produção microbiana. Por serem preferencialmente afetadas as bactérias celulolíticas, a manutenção do pH acima do valor crítico é tão mais importante, quanto maior for o teor de fibra da dieta.

Além do valor mínimo de FDNfe, o manejo da alimentação pode ser uma importante estratégia para minimizar problemas com o pH ruminal:

- 1) *Homogeneizar bem a dieta*: para evitar que o animal selecione parte das dietas com maiores taxas de fermentação. Isso ocorre, por exemplo, quando o animal seleciona o concentrado em detrimento do volumoso ou algum ingrediente do concentrado mais fermentescível.
- 2) *Fracionar a dieta em várias refeições*: pois a produção de ácidos graxos da fermentação dos alimentos fica menos intensa em cada alimentação, simplesmente porque há menos alimento de cada vez para ser fermentado.
- 3) *Maximizar o espaçamento entre refeições*: de forma que tenha havido possibilidade do pH ruminal já ter retornado a valores mais elevados quanto se oferta novamente a dieta. Quando as refeições são muito pouco espaçadas no tempo, o pH ruminal pode estar ainda baixo por influência da fermentação da refeição anterior, o que faz com que a nova redução do pH, pela nova ingestão de alimentos, mais facilmente deixe o pH fora da faixa ideal.

Fibra e valor nutritivo das forragens

O teor de FDN na forragem está negativamente correlacionado com a concentração de energia, mas um alimento com FDN superior a outro, pode ter maior teor de energia em função das diferentes proporções de celulose, hemicelulose e lignina, bem como aspectos estruturais também podem afetar a digestibilidade da fibra. Na Tabela 4.6, foi relacionado o aumento de FDN e lignina com o valor estimado de NDT pela fórmula de Weiss.

Quanto maior o FDN, menor o conteúdo celular, o qual tem componentes com mais alta digestibilidade, como os carboidratos não estruturais. Com o passar do tempo, além de aumentar a proporção do FDN, ele vai se tornando mais lignificado. Há uma relação segundo a qual para cada unidade percentual de lignina, há a redução em 2,4% na digestibilidade da forragem. No caso da Tabela 4.6, a redução de NDT é bem consistente com essa relação, quando comparamos o valor de 1-14 dias com o de 155-168 dias.

Os valores de desempenho entre estes dois extremos, em uma simulação considerando bovinos mestiços, de tamanho médio, condição corporal média, castrados e pesando 450 kg seria de 767 g/cab.dia e 246 g/cab.dia, para o NDT de 66,8% e 55,7%, respectivamente. No caso do valor de desempenho mais baixo, haveria necessidade de correção com alguma fonte de nitrogênio não proteico, pois, sem isso o que ocorreria seria uma ingestão de matéria seca deprimida pelo baixo teor de PB e perda de peso, realidade comum em pastagens da seca sem suplementação.

Fatores anatômicos que influem na qualidade da forragem (digestibilidade e ingestão)

Não apenas os componentes químicos, mas a maneira como eles são organizados influenciam qualidade do alimento. Pode ser afetado apenas

TABELA 4.6. Composição e valor nutritivo de Capim Elefante “Napier” em função da idade e Energia (Estimada)

IDADE (DIAS)	TEOR DO COMPONENTE, % NA MATÉRIA SECA				
	FDN	FDA	LIGNINA	PB	NDT ESTIMADO
1 – 14	49,9	30,0	2,8	16,7	66,8
29 – 41	58,4	36,7	3,0	11,4	64,1
57 – 70	65,5	39,8	3,5	5,3	62,0
85 – 98	69,2	43,4	4,5	3,7	59,4
113 – 126	70,8	44,2	5,3	3,3	57,5
155 – 168	71,7	45,6	6,2	3,0	55,7

Adaptado dos Roteiros do Curso de Formulação de Ração, Prof. Dante Lanna (ESALQ/USP).

valor nutritivo, quando o efeito se restringe a reduzir a digestibilidade do alimento, ou também o valor alimentar, quando a ingestão voluntária é também comprometida.

A anatomia da planta tem significativa influência na facilidade e padrão de fragmentação e, conseqüentemente, no tamanho e forma da partícula resultante. O padrão de vascularização das gramíneas, com os feixes de vasos dispostos ao longo da folha e paralelos entre si, ajuda a explicar porque ela quebra mais dificilmente que as leguminosas, que têm os feixes de vasos com aspecto reticulado e, portanto, com muito mais pontos de quebra.

As formas das partículas resultantes da redução de leguminosas são mais parecidas com a de um quadrado e a das gramíneas, ao contrário são mais finas, mas bem mais longas. Estas duas características das partículas das leguminosas facilitam a saída do rúmen. Em gramíneas, o acesso dos microrganismos é reduzido, as partículas são mais lentamente reduzidas em tamanho e ficam com um formato de mais difícil escape ruminal. Esses são fatores predisponentes, mas não necessariamente decisivos para a redução da ingestão voluntária pelo efeito de enchimento ruminal.

Valores elevados de FDN não deveriam limitar a ingestão de MS caso esse FDN seja composto por células com parede delgada do mesófilo ou células do parênquima das hastes, pois essas células são rapidamente particionadas à tamanhos menores que 0,15 mm (em geral, o menor tamanho medido em experimentos) e, assim, escaparem facilmente do rúmen. O valor crítico para as partículas deixarem o rúmen, como já citado, estaria próximo a 1,18 mm.

Os feixes de fibra vascular e do esclerênquima são os principais responsáveis pelas partículas de tamanho maior que o valor crítico e que permanecem mais tempo no rúmen. A quantidade de vasos para serem cortados pela mastigação (mg/mm) de uma gramínea tropical (com 300 mm de comprimento) é cerca de 10 vezes maior que a de uma gramínea temperada (com 150 mm de comprimento) e 15 à 50 vezes maior que a quantidade de vasos de folhas de leguminosas (com 19-45 mm de comprimento).

A epiderme e os feixes de fibra vascular são as estruturas que mantêm a integridade da folha e da haste. São elas que requerem mastigação durante a ingestão e a ruminação para serem reduzidas em tamanho. As células destas estruturas são unidas sem espaço intercelular pela lamela média que é altamente lignificada, com ligações químicas fortes e sem pontos de quebra.

Essa lamela média parece totalmente indigestível e faz com que a digestão ocorra apenas do lúmen das células para as paredes celulares, isto é, de dentro para fora, em lugares onde tenha havido ruptura do tecido para expor o lúmen. É por causa disso que os feixes vasculares não se dividem em células individuais.

No caso da epiderme é notável a diferença entre leguminosas e gramíneas C3 e C4. Ela é a primeira barreira que deve ser cortada para reduzir o tamanho e foi feita para resistir aos estresses físicos e contra agentes biológicos (insetos, fungos, etc.). As plantas C4 têm células vizinhas que se ligam por fortes estruturas sinuosas, que dá grande reforço à estrutura e dificulta a separação. Nas gramíneas C3, as células vizinhas se unem de maneira

reta (como tijolos), mas ainda são mais resistentes às separações do que as leguminosas, que tem uma estrutura em lóbulos e são facilmente separadas. Nas hastes, as epidermes das gramíneas têm paredes mais lignificadas que produzem uma forte lamela média entre as células.

Nas leguminosas, a epiderme está aderida ao mesófilo de forma débil, bem como nas gramíneas C3, o que facilita a ruptura pela mastigação e, conseqüentemente, o acesso dos microrganismos. As C4, por sua vez, têm a epiderme firmemente fixada aos vasos vasculares, tendo uma resistência muito maior. Nelas, a epiderme está ligada aos feixes vasculares por uma estrutura que é chamada de Estrutura Girder. Ela pode ser do tipo “I”, que une as duas faces da epiderme da folha ou do tipo “T” em que apenas um lado da epiderme tem essa ligação. Esta estrutura evita, ou atrasa, a remoção da epiderme pela digestão ou força física leve e reduz o acesso dos microrganismos ruminais ao mesófilo e ao parênquima.

Enfim, a estrutura das partículas, das células contidas nela e das paredes celulares desta célula podem atrapalhar o acesso dos microrganismos ruminais às paredes secundárias. Uma das confirmações disso foi o que ao serem destruídas as estruturas anatômicas constatou-se que células altamente lignificadas do esclerênquima tiveram inesperada elevada digestibilidade. Essa seria, para gramíneas, a principal limitação de digestibilidade e não a composição da parede celular. Ainda que isso seja verdade, não temos meios, ainda, de mensurar ou mesmo incluir esses fatores estruturais em modelos para predição de valor nutritivo ou alimentar.



PRINCIPAL FORMA DE METABOLISMO DE CARBOIDRATOS EM RUMINANTES: FERMENTAÇÃO

Os carboidratos no ruminante são em sua maioria fermentados e têm como produtos dessas fermentações os seguintes compostos:

- 1) Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta
 - a) Acético (C2)
 - b) Propiônico (C3)
 - c) Butírico (C4)
 - d) Outros (valérico, isovalérico, etc.)
- 2) Produção de Metano (CH₄)
- 3) Produção de Dióxido de Carbono (CO₂)

Os gases escapam o rúmen, principalmente, por eructação (boca e narina), mas parte também pela parede do rúmen e pulmões. Havendo problemas com a saída deles, pode ocorrer timpanismo.

A proporção com que ácidos graxos são produzidos varia de acordo com os substratos (provenientes da dieta ingerida). Na Tabela 4.7, são apresentadas as proporções esperadas para uma dieta rica em fibra teria e outra dieta com alto concentrado.

Enfim, a dieta rica em concentrado aumenta relativamente mais o teor de C3, particularmente, e de C4 em relação a uma dieta rica em fibra. A maior parte deste efeito seria devido à queda do pH que ocorre em dietas com alto concentrado, pois quando o pH foi mantido estável com o uso de

TABELA 4.7. Proporções de ocorrência dos ácidos graxos voláteis em dois tipos de dieta

DIETA	ACÉTICO (C2)	PROPIÔNICO (C3)	BUTÍRICO (C4)
Dieta com alta % de volumoso	70 %	20 %	10 %
Dieta com alta % de concentrado	50 %	35 %	15 %

Fonte: Bergman, 1990.

tamponantes, as proporções não se alteraram. Há importantes implicações da proporção de ácidos graxos de cadeia curta na eficiência do uso de energia:

- 1) Dietas ricas em concentrado têm menor perda de energia como Metano (CH_4) em função do maior teor de propiônico (C3).
- 2) Outra vantagem é que o C3 tem menor incremento calórico, sendo uma forma mais eficiente de utilização de energia, quando comparado ao acético.

Esses estariam entre os motivos da maior eficiência de dietas de alto concentrado. Outro fator muito importante é a diluição das exigências de manutenção. Quanto maior o nível de produção acima da manutenção, menor o peso desta por quilograma de peso produzido, semelhante à diluição de custos fixos que aprendemos em economia.

Absorção de AGCCs e uso nos tecidos

Os AGCCs, como ácidos que são, podem estar na forma associada com H^+ ou dissociada. Estes são absorvidos em grandes quantidades na forma não dissociada (HA), mas, em pH normal, há apenas uma pequena quantidade na forma HA.



A absorção de HA, “puxa” a equação para o seu lado, mantendo o sistema funcionando. O pH baixo, que significa alta concentração de H^+ faz o mesmo. Isso ocorre porque, quando se aumenta um fator de um dos lados da equação, para ela manter o equilíbrio, aumenta-se a formação do produto do outro lado. Assim, quando aumenta-se o H^+ , aumenta-se a formação de HA, que é mais facilmente absorvido. Esse mecanismo ajuda com que o pH não abaixe ainda mais, porque reduz a concentração dos AGCCs no rúmen. O sangue tem pH mais alto do que o do rúmen, o que ajuda no transporte passivo, isto é sem gasto de energia.

Por fim, ao lado da mucosa do lúmen ruminal o CO_2 é liberado, formando H_2CO_3 e depois HCO_3^- . O H^+ formado “puxa” equação para o lado direito, também ajudando a absorção dos AGCCs. Os AGCCs não são usados instantaneamente em cada tecido. O acético (C2) é metabolizado principalmente pelos *tecidos periféricos*. Já o propiônico (C3), é metabolizado principalmente no *fígado* para produzir glicose, através do processo de chamado

gluconeogênese. E o butírico (C4) é metabolizado principalmente (74-90%) no *epitélio ruminal*.

Absorção pós-ruminal de carboidratos

Os carboidratos que escapam a fermentação ruminal são absorvidos de maneira semelhante ao que ocorre com monogástricos. Eles são quebrados a seus monossacarídeos por enzimas presentes no lúmen intestinal e absorvidos pelas paredes do intestino, particularmente do intestino delgado proximal (mais perto da boca).

Há dissacaridases presentes nas pontas das microvilosidades das células epiteliais que quebram dissacarídeos (maltose, lactose, sacarose) produzindo os respectivos monossacarídeos (glicose, frutose, galactose). A maioria deles é transportada por difusão simples, isto é, sem necessidade de gasto de energia, pois vai a favor do gradiente (maior concentração dentro do intestino do que na célula epitelial do intestino). No caso da frutose essa difusão é mediada por carreador, mas é importante frisar que esse carreador apenas auxilia o transporte, sem gasto de energia. A transformação, na célula epitelial, da glicose em piruvato ajuda a manter o gradiente e manter o transporte por difusão.

Com relação à glicose e à galactose, estes monossacarídeos podem ser transportados ativamente, com gasto de energia, contra o gradiente de concentração. Um carreador une o sódio a um monossacarídeo que é bombeado para fora da célula com gasto de ATP.

Exigência de glicose pelos ruminantes

Os ruminantes criaram estratégias para economia de glicose, uma vez que a dieta básica com a qual evoluíram é pobre neste açúcar. Uma delas é a gluconeogênese na qual usa Propiônico (C3) como principal fonte para a produção de glicose, processo que ocorre no fígado. Por conta disso, o C3 pode representar de 27-59% do “pool” de C do corpo do animal.

A importância de encontrar meios para poupar glicose é que ela é fundamental para o sistema nervoso central, sendo que, no mínimo 10% de suas exigências energéticas devem vir desse substrato.

Outra estratégia de economia de Glicose do ruminante é ter o acético (C2) como principal fonte de energia para os tecidos, que não nervosos, e como principal fonte de carbono para a síntese de gordura (lipogênese).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

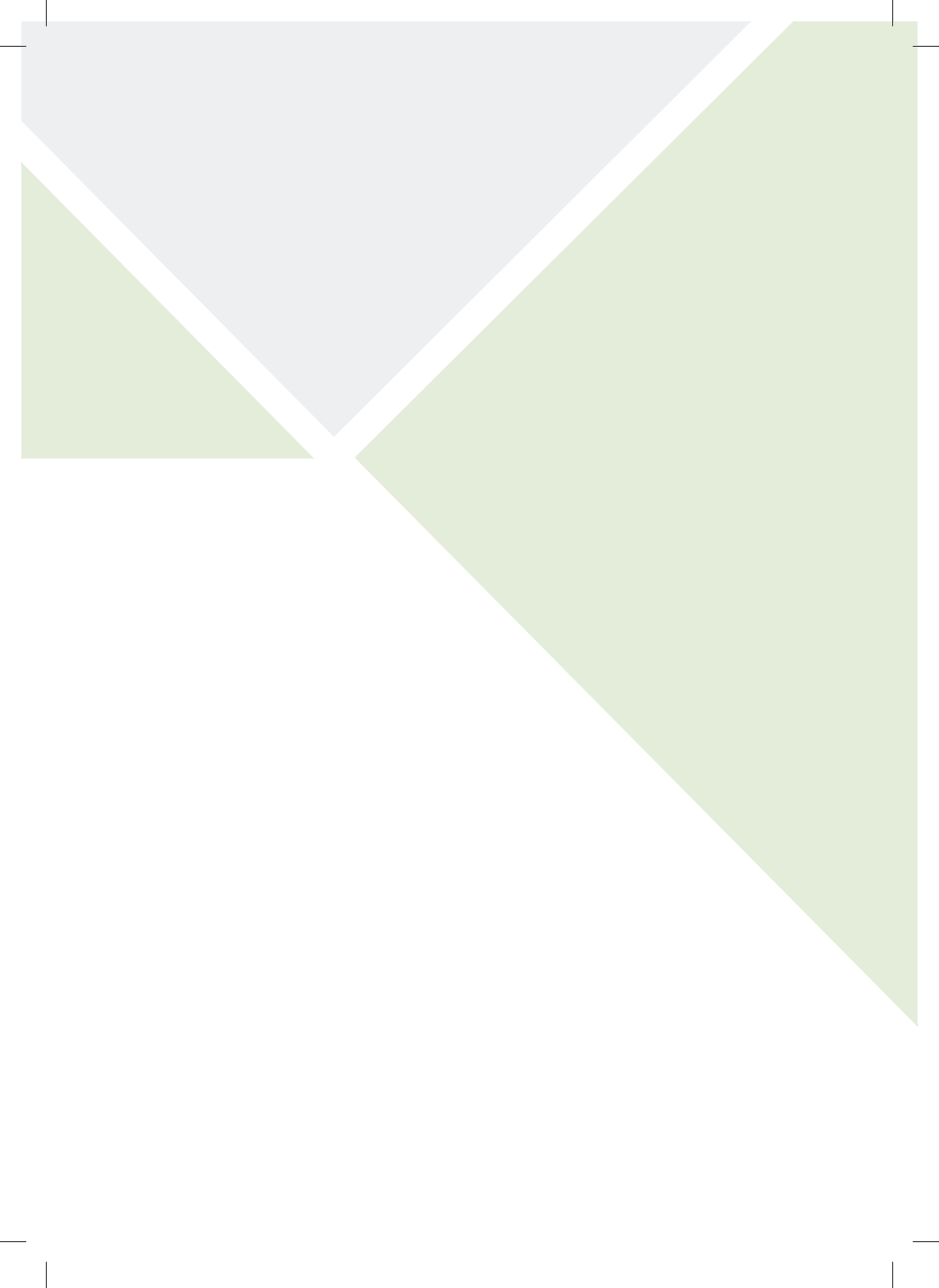
A compreensão dos aspectos relacionados à digestão dos carboidratos é essencial para intervenções no manejo nutricional dos ruminantes, já que esta classe nutricional representa sua principal fonte energética. Toda estratégia nutricional deve procurar maximizar o aproveitamento destes nutrientes, porém sem se esquecer da necessidade de se manter o ambiente ruminal estável, especialmente em condições de alta utilização de carboidratos não-estruturais.

5

CAPÍTULO

Lipídios na nutrição de ruminantes

*Sérgio Raposo de Medeiros
Tiago Zanett Albertini
Carolina Tobias Marino*



INTRODUÇÃO

Apesar da necessária moderação no seu uso em dietas para ruminantes, em função dos seus potenciais efeitos negativos na fermentação ruminal, os lipídeos são componentes essenciais à vida. A gordura é importante para os ruminantes, pois:

- É a principal forma de *reserva de energia*. Há um sistema muito eficiente em acumular a energia como triglicerídeos nas épocas em que sua ingestão ultrapassa as necessidades e que, nas épocas de déficit energético, mobiliza essa reserva;
- Os depósitos subcutâneos de gordura auxiliam a *manutenção da temperatura corporal* dos animais;
- A gordura é *veículo* para as *vitaminas* lipossolúveis: A, D, E e K;
- Há ácidos graxos que estão envolvidos em processos regulatórios da bioquímica animal, como, por exemplo, a própria síntese de gordura ou o controle da ingestão. Portanto, é *envolvida* em importantes efeitos *metabólicos*.
- O tecido adiposo também tem função endócrina, produzindo importantes hormônios para o metabolismo do animal.

A inclusão de gordura na dieta, por sua vez, pode ser interessante, pois:

- É uma fonte densa de energia, pois enquanto carboidratos têm cerca de 4 Mcal/kg, a gordura tem 9 Mcal/kg. Essa é a razão do fator 2,25 que multiplica o EE digestível na equação conceitual de nutrientes digestíveis totais (NDT);
- É fonte de ácidos graxos essenciais;
- Melhora a absorção de vitaminas lipossolúveis;
- Melhora a eficiência energética das dietas;
- Reduz o feno (pó) das rações.

CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICA FÍSICO-QUÍMICAS DE LIPÍDEOS

Gorduras, ou lipídeos, são todas as substâncias insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos. Isso inclui muitas substâncias, mas para a nutrição animal, a principal classe de interesse são os ácidos graxos, que correspondem a 90% dos triglicerídeos, a principal forma de armazenamento de lipídeos, tanto para plantas, como para animais. Os triglicerídeos são formados por uma molécula de glicerol ao qual se ligam três ácidos graxos.



Quanto à presença de duplas ligações (insaturações), os ácidos graxos são classificados em três grupos:

Saturados: $\text{HC3} - \text{CH2} - \dots - \text{CH2} - \text{CH2} - \text{CH2} - \text{CH2} - \text{COOH}$
C 18:0

Monoinsaturados: $\text{HC3} - \text{CH2} - \dots - \text{CH2} = \text{CH2} - \text{CH2} - \text{CH2} - \text{COOH}$
C 18:1

Poliinsaturados: $\text{HC3} - \text{CH2} - \dots - \text{CH2} = \text{CH2} - \text{CH2} - \text{CH2} = \text{CH2} - \text{COOH}$
C 18:2

Os ácidos graxos que não têm nenhuma dupla ligação em suas cadeias são chamados ácidos graxos saturados. Os monoinsaturados e os poli-insaturados seriam aqueles com uma e com duas ou mais insaturações, respectivamente. Na Tabela 5.1, abaixo, está descrita a lista dos principais ácidos graxos.

Na Tabela 5.2 é apresentado o comportamento do ponto de fusão em relação ao tamanho da cadeia de C, o número de insaturações e a geometria CIS-TRANS. Está última corresponde a moléculas de ácidos graxos que tenham a mesma composição química, mas que diferem quanto à posição dos átomos de H no plano horizontal da dupla ligação. Quando ficam do mesmo lado, chama-se CIS, se em lados opostos, TRANS.

TABELA 5.1. Nome comum, comprimento da cadeia : número de insaturações, tipo de ácido graxo

NOME COMUM	COMPRIMENTO DA CADEIA: NÚMERO DE INSATURAÇÕES	TIPO DE ÁCIDO GRAXO
Ácido Capróico	6:0	Saturado
Ácido Caprílico	8:0	Saturado
Ácido Capríco	10:0	Saturado
Ácido Láurico	12:0	Saturado
Ácido Mirístico	14:0	Saturado
Ácido Palmítico	16:0	Saturado
Ácido Palmitoléico	16:1	Monoinsaturado
Ácido Esteárico	18:0	Saturado
Ácido Oleico	18:1	Monoinsaturado
Ácido Linoleico	18:2	Poli-insaturado
Ácido Linolênico	18:3	Poli-insaturado
Araquidônico	C 20:4 n-3	Poli-insaturado
EPA	C 20:5 n-3	Poli-insaturado
DHA	C 22:6 n-3	Poli-insaturado

TABELA 5.2. *Descrição de ácidos graxos usuais em alimentos de ruminantes e ponto de fusão correspondente.*

ÁCIDO GRAXOS	ESQUELETO CARBÔNICO	CADEIA COM:	PONTO DE FUSÃO °C
Mirístico	14:0	14 C e sem insaturação	53,9
Estearico	18:0	18 C e sem insaturação	69,6
Oleico	18:1 c,9	18 C e uma insaturação no C9 na forma cis	13,4
Vacênico	18:1 t,11	18 C e uma insaturação no C11 na forma trans	40,0
Linoleico	18:2, c9,c12	18 C e insaturações no C9 e C12, ambas na forma cis	-5,0

Interessante observar na Tabela 5.2 que:

- Quanto maior a cadeia de ácidos graxos com o mesmo número de insaturações, mais o ponto de fusão aumenta (comparação entre o mirístico e o estearico), ou seja, quanto maior a cadeia, maior o ponto de fusão;
- A insaturação reduz o ponto de fusão (comparação entre estearico, oleico e linoleico);
- A geometria da ligação trans aumenta a estabilidade e, portanto, o ponto de fusão (comparação entre o oleico e o vacênico).

A característica ponto de fusão é importante do ponto de vista nutricional, como será detalhado a seguir.

METABOLISMO DE LIPÍDEOS

Metabolismo ruminal

Um aspecto muito importante no metabolismo de ácidos graxos no rúmen, é que ele não contribui para o crescimento de proteína microbiana ruminal. Dessa forma, deve-se considerar isso na adequação entre energia e proteína.

Apesar de não fornecerem energia para a síntese de proteína microbiana, há síntese e incorporação de ácidos graxos pela microbiota ruminal e até a 17% da gordura passando para o duodeno pode ser de origem microbiana.

O fornecimento de lipídeos aos ruminantes teria efeito semelhante aos ionóforos. O sistema CNCPS (5.0) em dietas com inclusão de fontes de gordura desconsidera o efeito do ionóforos, mas se isso é de fato assim, ainda está aberto à comprovação (Fox et al, 2000). É necessário que se determine se há interação entre lipídeos e ionóforos para saber se o efeito é substitutivo, conforme o CNCPS assume, ou se pode ser aditivo (aumentaria ainda mais o benefício) ou sinérgico (precisaria, por exemplo, meia dose do ionóforo para ter o benefício da dose cheia).

Em função disso, a gordura teria potencial para uso em propostas de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), por diminuir a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Conforme já comentado, as bactérias metanogênicas também são mais sensíveis aos ácidos graxos, o que abre a possibilidade de usar a suplementação com gordura para obtenção de uma fermentação ruminal mais eficiente, com maior produção de ácido propiônico e consequente maior retenção de carbono. Já Hess et al. (2008) alertam que em dietas em que o óleo de soja suplementar a dieta em 30 g/kg de MS, a redução da relação acetato:propionato estaria mais relacionada ao milho presente na dieta do que ao próprio óleo em si, havendo também contribuição da fermentação do glicerol que resulta em produção de propionato. Há, portanto, um confundimento de efeitos difíceis de serem isolados.

Esse confundimento se estende a quanto o efeito é por alteração qualitativa da fermentação ruminal (rotas metabólicas alternativas mais eficientes como discutido acima) ou, além disso, por um efeito decorrente da menor atividade fermentativa, que pode reduzir o desempenho. Beauchemin et al., (2008), agregando o resultado de trabalhos com inclusão de gordura de várias fontes em diversas situações, estimaram que o metano (g CH₄/kg IMS) seria reduzido em 5,6% para cada 1% de adição de gordura a mais na dieta (1% = 10 g de gordura suplementar/kg de MS).

Efeito negativo na fermentação ruminal

Os lipídeos não costumam ocorrer em grandes quantidades em dietas de ruminantes. Esses animais tiveram sua evolução vinculada ao consumo de forragens, que naturalmente têm valores baixos deste nutriente, próximos a 3% na MS (30 g de lipídeos para cada kg de MS). Naturalmente, portanto, esse nutriente tem limitações na sua inclusão nas dietas, não devendo ultrapassar os 6% da MS ingerida (60 g de lipídeos para cada kg de MS). O principal motivo seria uma influência negativa da gordura na degradabilidade da fibra. Existem duas hipóteses (não excludentes) para esse efeito:

- 1) **Químico:** Toxicidade dos ácidos graxos, especialmente insaturados para as bactérias celulolíticas;
- 2) **Físico:** Um efeito de recobrimento das partículas de alimento pela gordura, dificultando a adesão das bactérias celulolíticas a elas.

Há evidências apontando o efeito químico como preponderante e, quanto mais insaturada a gordura, mais tóxica ela é para os microrganismos ruminais devido à maior solubilidade dos AGPI. O efeito depende, também, da forma como a gordura é oferecida.

Óleos vegetais são mais inibitórios que gordura de origem animal (sebo) por serem mais insaturados. Grãos de oleaginosas seriam ainda menos em função de o grão servir como uma proteção natural para a gordura nele contida, atuando como barreira física e evitando o contato de parte desta com o conteúdo ruminal.

Apesar do principal efeito inibitório dos ácidos graxos incidir sobre a população de bactérias digestoras de fibra, dietas com altos teores de forragem tendem a reduzir os efeitos da gordura na fermentação ruminal porque

os ácidos graxos ficam adsorvidos às partículas de forragem, reduzindo a quantidade que tem contato com as bactérias. Além disso, por causa da manutenção do pH do rúmen em valores que favorecem a biohidrogenação, reduz-se a quantidade de ácidos graxos insaturados.

Em dietas com maior relação volumoso:concentrado, pode ocorrer redução da taxa de passagem pela mais lenta redução do tamanho das partículas de fibra.

Já em dietas ricas em concentrado, a explicação mais lógica para menor ingestão de matéria seca (IMS) recai sobre o controle quimiostático de regulação de consumo. Neste controle, a maior quantidade de ácidos graxos na corrente sanguínea reprime no sistema nervoso central o desejo de ingestão.

Seja qual for a razão da redução de IMS, o maior tempo de permanência no trato digestivo pode compensar a menor taxa de digestão ruminal (que ocorre especialmente na fração fibrosa) com o efeito final sendo um aumento na digestibilidade da dieta. Essa pode ser uma das explicações para melhoria da eficiência alimentar com uso de dietas ricas em gordura.

Biohidrogenação

Os ruminantes consomem ácidos graxos, principalmente como galactolípídeos e triglicerídeos, que, em seguida, são extensamente hidrolisados por enzimas lipolíticas que liberam os ácidos graxos. Livres, os ácidos graxos ficam suscetíveis à ação das bactérias ruminais. Estas colocam hidrogênios nas ligações insaturadas (duplas ligações), tornando-as ligações saturadas (simples). Esse processo é chamado de biohidrogenação.

Acredita-se que a biohidrogenação seja uma evolução adaptativa das bactérias ruminais para reduzirem os ácidos graxos insaturados que seriam mais tóxicos. A biohidrogenação das duplas ligações é extensa e, em geral, apenas 10-35% dos ácidos graxos insaturados escapam da biohidrogenação.

Portanto, o efeito transformador da biohidrogenação ruminal nos ácidos graxos diminui a digestibilidade, especialmente das fontes vegetais que são ricas em ácidos graxos insaturados.

Assim, apesar dos ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3) serem os principais AGPI na dieta de ruminantes, a biohidrogenação faz com que o principal ácido graxo que saia do rúmen seja o esteárico (C18:0). Esse é o motivo pelo qual a gordura da carne do ruminante é mais saturada do que a do monogástrico (Figura 5.1).

Limites da biohidrogenação

Quando a ingestão de ácidos graxos insaturados é muito grande, a capacidade dos microrganismos do rúmen em biohidrogenar pode ser excedida, ocorrendo uma maior absorção intestinal de ácidos graxos insaturados. Essa seria a explicação para a sazonalidade encontrada na relação AGS:AGI no tecido adiposo de bovinos e ovinos em países de clima temperado, uma vez que as pastagens temperadas no início da primavera têm quantidades muito grandes de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI).

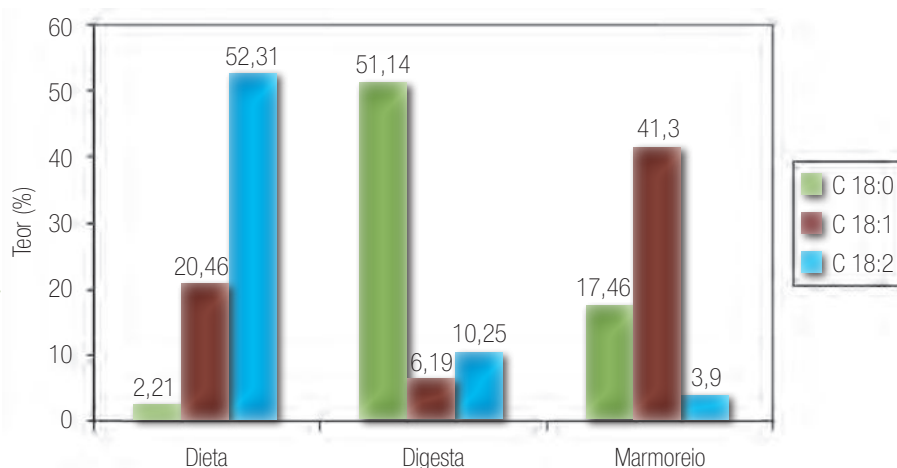


FIGURA 5.1.

Teores dos ácidos graxos em 3 situações: antes da ingestão, no duodeno (digesta) e o marmoreio resultante (Duckett, 2000).

Uma maneira de tentar fazer os ácidos graxos serem menos expostos à biohidrogenação no rúmen seria através da própria proteção pela planta (ou parte da planta) que os contêm.

Independente de haver ou não proteção, um fato que ajuda no enriquecimento de AGPI é a inibição na taxa de biohidrogenação com o aumento na concentração de ácidos graxos na dieta. O uso de ionóforos e a redução do pH ruminal também reduzem a biohidrogenação.

Métodos de proteção contra a biohidrogenação

Há várias formas de proteção de ácidos graxos, mas a saponificação dos ácidos graxos para formar sais de cálcio tem sido a maneira mais comum. Ela funciona bastante satisfatoriamente com óleo de palma, rico em palmítico (16:0), tendo os sais de cálcio menos de 1% de dissociação em pH 6,5, e chegando a menos de 10% em pH 5,5 *in vitro* (Jenkins e Palmquist, 1984).

Neste mesmo trabalho, o sal de cálcio produzido com óleo de soja, com cerca de 50% de ácido linoleico (18:2), apresentou valores de 80% de dissociação, em função do menor pKa dos ácidos graxos insaturados (AGI), sendo que pKa é o valor de pH no qual há um equilíbrio entre as formas ionizadas e protonadas dos ácidos graxos.

Outra forma de proteção é a reação de ácidos graxos com aminas primárias para produzir amino-acil graxos que resistem à biohidrogenação e aumentam a quantidade de AGPI na gordura do leite (Jenkins et al., 1996).

Gulati et al. (1996) protegeram suplementos lipídicos com 60% de CLA (CLA-60) usando uma mistura com caseína e protegendo com formaldeído e a biohidrogenação dos 18:2 e CLA, que era de 70-90%, passou para cerca de 30%.

Um dos grandes desafios da tecnologia de alimentos para ruminantes é a busca por sistemas que, além de eficazes na proteção dos lipídeos, sejam economicamente viáveis.

METABOLISMO PÓS-ABSORTIVO

A melhora da eficiência energética de ruminantes com o aumento da quantidade lipídeos até o limite recomendado de inclusão ocorre, pois:

- O uso pelo animal de ácidos graxos pré-formados dispensa a síntese *de novo* a partir do acetato e, conseqüentemente, evita a parte do incremento calórico (perda de energia como calor) associado a esta rota metabólica;
- A geração de energia por oxidação de ácidos graxos de cadeia longa é cerca de 10% mais eficiente que a oxidação de acetato.

SÍNTESE DE GORDURA PELO RUMINANTE

Na questão da síntese de gordura em ruminantes, há duas diferenças principais em relação aos monogástricos:

- 1) O acetato proveniente da fermentação ruminal é o principal precursor dos ácidos graxos na maioria dos depósitos de gordura, em vez da glicose;
- 2) O tecido adiposo é o principal local de síntese da gordura, e não o fígado.

Essas foram adaptações evolutivas para economizar glucose, nutriente geralmente pouco disponível para os ruminantes.

Além dos efeitos pré-absortivos, outras atividades alteram a composição de ácidos graxos depositadas no animal. Na Figura 5.1, são apresentadas as alterações dos três principais ácidos graxos na dieta, na digesta e no marmoreio:

É interessante observar a grande alteração causada pela biohidrogenação ruminal, pois o esteárico era pouco mais de 2% na dieta, mas passou a ser mais da metade dos ácidos graxos chegando ao duodeno. Todavia, na deposição dos ácidos graxos na gordura intramuscular (marmoreio), o oleico passa a ser o predominante. Portanto, na manipulação da composição de ácidos graxos em bovinos, temos que levar em conta essas forças transformadoras pré-absortivas (biohidrogenação) e pós-absortivas (mecanismos fisiológicos), além da própria absorção diferencial de ácidos graxos.

Na absorção, há seletividade, pois os ácidos graxos insaturados (AGI) são preferencialmente esterificados com ésteres de colesterol e fosfolipídeos, que não são hidrolisados pela lipoproteína lipase, portanto não ficando disponível para o tecido adiposo. Os AGI são depositados, preferencialmente nas membranas celulares. Está é uma estratégia de economia de ácidos graxos essenciais (ver próximo item) que seriam mais preservados, pois os ácidos graxos do tecido adiposo são mobilizados todas as vezes que o animal fica em balanço energético negativo.

Ácidos graxos de cadeia menor do que 12 C são normalmente elongados antes de serem incorporados ao tecido, motivo pelo qual, uma alta ingestão de láurico (12:0), pode elevar os teores de mirístico (14:0) e palmítico (16:0). Uma vez absorvidos pelos tecidos, há ácidos graxos que podem afetar o metabolismo lipídico, estimulando ou inibindo a síntese e a dessaturação.

Um dos fatores pós-absortivos mais importantes seria a produção de ácidos graxos no tecido adiposo a partir de acetato e butirato decorrentes da fermentação ruminal, a chamada síntese *de novo*. A prova de que a síntese *de novo* no tecido adiposo de bovinos é determinante na composição lipídica, advém do fato de que o perfil de ácidos graxos recém-produzidos em incubações de curto período de tecido adiposo ser semelhante ao perfil do tecido adiposo em dietas usuais de ruminantes, com baixos teores de gordura (~3% MS).

Na síntese *de novo* no tecido adiposo, o palmítico (C16:0) é sintetizado, podendo ser alongado a esteárico (C18:0) e, este, dessaturado a oleico (C18:1). A Delta-9-dessaturase está presente nos tecidos animais e sua ação explica porque o oleico é o principal ácido graxo da gordura intramuscular.

▶ ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS

Há ácidos graxos que não são produzidos pelos mamíferos, mas que são fundamentais para a vida e que precisam ser ingeridos pelos animais e, portanto, são chamados como ácidos graxos essenciais.

Não ocorrem dessaturações acima do carbono 9 pois, nos vertebrados, esse sistema enzimático está ausente. Portanto, ácidos graxos com insaturações acima do C9 são provenientes da gordura ingerida pela dieta e/ou da mobilização de reservas. Por esse motivo, os ácidos linoleico (ALO) e linolênico (ALN) são considerados ácidos graxos essenciais.

Os fosfolípeos da membrana celular podem ter diversas composições em ácidos graxos, mas o perfil desta pode interferir em sua funcionalidade fisiológica. Por esse motivo, existe um controle bastante intenso do organismo na incorporação dos ácidos graxos, de maneira que a composição dos fosfolípeos não comprometa a viabilidade da célula. Especialmente a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) é estritamente controlada por um sistema de elongases e dessaturases que, à partir do ALO e do ALN, que produzem, respectivamente, ácidos graxos de cadeia longa da série ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6).

▶ ABSORÇÃO DE LIPÍDEOS

No intestino entra uma emulsão grosseira que vem do estômago e se mistura com o *suco biliar* e o *suco pancreático*. A lipólise ocorre por ação das lipases do *suco pancreático* sobre os triglicerídeos (TAG) produzindo diacilgliceróis (DAG), monoacilgliceróis (MAG) e ácidos graxos livres (AGL).

Os DAG, MAG e AGL tornam-se microemulsões pela ação dos ácidos biliares. MAG e AGL também absorvidos por simples difusão. Os MAG e os AGL, uma vez dentro da célula da mucosa intestinal, vão até o retículo endoplasmático e são novamente incorporados em triglicérides e emulsionados em quilomícrons que se desprendem em pequenas vesículas que se encaminham para a membrana e liberam os quilomícrons nos vasos linfáticos, em um processo chamado de exocitose.

Os sais biliares não absorvidos juntos com os lipídeos, mas no íleo por transporte ativo. Já o glicerol é rapidamente absorvido pelas células do intestino por difusão passiva.

O colesterol é absorvido apenas na forma livre. Hidrolases pancreáticas ou da borda em escova degradam os ésteres de colesterol, produzindo colesterol livre que é reesterificado após a absorção, voltando a ésteres de colesterol.

VALOR ENERGÉTICO DAS GORDURAS

O valor da contribuição da gordura como combustível fisiológico (energia metabolizável) é de 9 Mcal para cada quilograma, mas isso desde que seja absorvida e fique a disposição para ser metabolizada pelas células. Portanto, a quantidade da energia disponível varia em função da sua digestibilidade.

A digestibilidade da gordura do alimento, por sua vez, é altamente dependente da sua composição em ácidos graxos. A composição dos ácidos graxos influi na digestibilidade da gordura em função da solubilidade nas fases aquosas ou lipídicas e a maior ou menor solubilidade está relacionada com o ponto de fusão dos ácidos graxos.

Tamanho da cadeia (número de carbonos), número de insaturações (número de ligações duplas) e tipo de geometria na ligação dupla (trans ou cis) interferem bastante com ponto de fusão e solubilidade (Tabela 5.2). Na Tabela 5.3, abaixo, são apresentadas digestibilidades dos ácidos graxos e o NDT de várias fontes de gordura calculado pela fórmula do NRC (2001) e o dado do NRC (1996).

No caso da fonte de gordura composta por ácidos graxos e glicerol, considera-se que o glicerol representa 10% e que ele seria 100% digestível. Os 90% restantes seriam ácidos graxos, sendo que cada fonte teria sua própria digestibilidade. As digestibilidades foram determinadas indiretamente em experimentos com gordura suplementar, baseando-se na premissa de que a contribuição endógena e a digestibilidade da dieta basal não são afetadas com a suplementação.

SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA

O uso de grãos de oleaginosas em dietas de confinamento tem sido frequente nas condições de Brasil Central, pois eles têm uma relação de custo-energia favorável e bons teores de proteína, o que favorece a participação em dietas de custo mínimo.

TABELA 5.3. Algumas fontes de gordura, sua composição, digestibilidade dos ácidos graxos e valores resultantes do cálculo com fórmulas do NRC (2001) e da tabela do NRC (1996).

FORTE DA GORDURA	TIPO	DIGESTIBILIDADE (%)	EXTRATO ETÉREO (%)	NDT (%) NRC, 2001 CÁLCULO ¹	NDT (%) NRC, 1996 TABELA
Óleo Vegetal	Ácidos Graxos + Glicerol	86	100	184,0	177
Sais de cálcio de ácidos graxos	Ácidos Graxos	86	85	163,5	ND
Ácidos graxos de Sebo hidrolisado	Ácidos Graxos	79	100	178	ND
Sebo	Ácidos Graxos + Glicerol	68	100	147,4	177
Sebo parcialmente hidrogenado	Ácidos Graxos + Glicerol	43	100	97	177

Adaptado de NRC (2001); ¹Cálculo com as fórmulas: NDT, % = (EE X 0,1) + (Digestibilidade dos ácidos graxos X (EE X 0,9) X 2,25), para fontes com ácidos graxos + glicerol; NDT, % = (Digestibilidade dos ácidos graxos X EE X 2,25), para fontes com ácidos graxos.

Outra vantagem do uso de gordura nas dietas, especialmente em regiões quentes, seria seu menor incremento calórico, responsável, também, por uma melhor conversão alimentar.

É comum o uso de a suplementação lipídica ser restringida por atingir o valor máximo de extrato etéreo, por volta de 6% da MS da dieta. Quando ultrapassamos o nível crítico de gordura na dieta, ocorrem efeitos negativos em eficiência alimentar, desempenho e atributos de carcaça.

A composição lipídica basal da dieta também pode ser importante. No caso dos países tropicais, por exemplo, seria lógico esperar uma maior margem de segurança, uma vez que as forragens tropicais seriam menos insaturadas.

Outra situação que pode explicar o uso bem sucedido de valores acima do nível crítico seria o fato do extrato etéreo incluir outros compostos que não os ácidos graxos (compostos fenólicos, ceras, pigmentos etc.) sem efeito negativo aparente para os microrganismos ruminais.

O valor crítico de inclusão de gordura não leva em consideração a fonte de gordura, nem a forma de apresentação, sendo que ambas influem neste efeito. No caso dos grãos de oleaginosas, o perfil altamente insaturado, mais deletério, pode ser aliviado pelo fornecimento dos grãos inteiros, uma vez que o óleo fica, em parte, isolado do ambiente ruminal. A extensão da proteção depende da taxa de digestão ruminal, taxa de passagem, grau de processamento antes do fornecimento e depois da mastigação.

SEMENTES DE OLEAGINOSAS

Caroço de algodão

Excelente opção por aliar alta energia e alta proteína, contendo 20-23% de gordura. Nele todo o gossipol está na forma livre e os valores médios encontrados ficam entre 1,3 – 1,4% da MS, o que permite o uso mesmo para categorias mais sensíveis a ele, desde que respeitado o limite de 0,5-1,0 g/kg da MS da dieta.

Ele tem proteína de alta degradabilidade ruminal (72-77%) e com bom valor biológico. O caroço de algodão sem línter tem 5 a 10% menos fibra.

Soja

Da mesma maneira que o caroço de algodão, também alia alta proteína com alta energia. Não precisa ser tostada, pois ruminantes são tolerantes aos fatores anti-nutricionais (anti-tripsina, lecitinas).

Todavia, se crua, tem alta atividade da urease e deve-se evitar misturar com ureia, especialmente se usando altos teores de ureia no concentrado. Eventualmente, pode-se fazer a mistura para uso diário ou pelo número de dias que ela ainda não apresente cheiro de amônia que, além de indicar perda de N, não é consumido pelos animais.

Tem alta degradabilidade proteica, entre 75-80%, e valor biológico um pouco melhor do que o caroço de algodão. Se feita tostagem, para reduzir a degradabilidade proteica, é preciso cuidado para não degradar aminoácidos e indisponibilizar PB (PIDA).

Óleos vegetais

O uso de óleos vegetais na dieta de ruminantes é bem menos comum do que o uso de sementes de oleaginosas, por ser caro e de manejo mais complicado. O fornecimento na sua forma livre é a forma mais desafiante para os microrganismos ruminais, pois, além de estar prontamente disponível para as lipases do fluido ruminal, os óleos vegetais têm altas proporções de AGPI.

Os efeitos podem ser bastante interessantes em baixas doses (< 5%), mas pequenas dosagens adicionais podem afetar grandemente a fermentação ruminal, levando a baixa produção.

Gordura e modulação fisiológica

Recentemente tem sido identificado que os ácidos graxos estão envolvidos em aspectos de regulação do funcionamento do organismo animal. Uma das descobertas mais interessante foi a de que o tecido adiposo pode ser considerado a “maior glândula do animal”, uma vez que é nele que o hormônio leptina é produzido.

A leptina tem ação em várias atividades do organismo, mas a que primeiro chamou atenção foi seu grande efeito no controle da ingestão de alimento

e do controle de peso do animal. Ela é secretada por adipócitos maduros e, portanto, tem níveis elevados em obesos. A ideia é que, aumentando o tecido adiposo, aumenta-se o nível de leptina que estimularia o hipotálamo a reduzir uma substância, chamada neuropeptídeo Y, o que reduziria o consumo, evitando que o animal engordasse ainda mais. Opostamente, com o tecido adiposo em pequena quantidade, a baixa leptina plasmática sinalizaria para o hipotálamo uma maior necessidade de neuropeptídeo Y que faria aumentar o consumo. Isso ajudaria a explicar, por exemplo, a maior IMS de animais em ganho compensatório.

Outro exemplo bastante contundente da ação de lipídeos no metabolismo animal é o CLA (Ácido Linoleico Conjugado). Esse ácido graxo tem sido reconhecido como anticancerígeno e, por conta disso, está sendo muito pesquisado. Em uma das pesquisas para aumentar seu teor no leite na qual era usada uma mistura de CLAs protegida, notou-se que o leite produzido pelos animais que recebiam essa mistura tinha, visivelmente, menos nata do que os animais controle.

Foi identificado que um dos isômeros dessa mistura (CLA trans-10, cis-12) tem efeito de reduzir a lipogênese. O CLA, por essas ações está sendo ativamente estudado e ele ainda pode ser usado para melhorar a reprodução, reduzir perdas por catabolismo autoimune e ter ação anti-inflamatória.

Outras proteínas com ação metabólica tem controle devido a ácidos graxos: TNF-alfa, ASP, etc. (sistema imune) e angiotensinogênio e PAI-I (função vascular).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

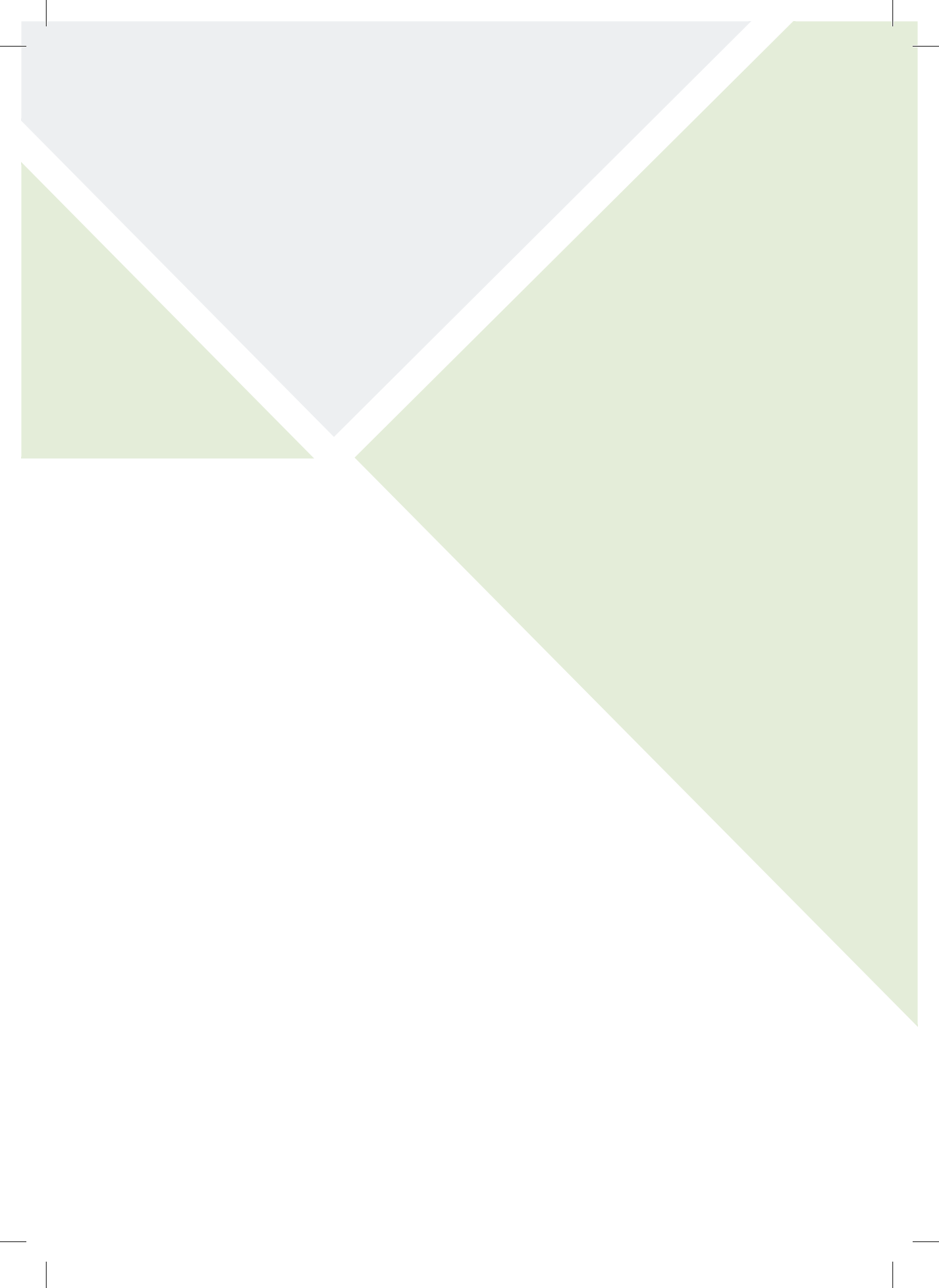
Apesar da sua limitação existente para sua inclusão em dietas para ruminantes, os lipídios apresentam importantes propriedades nutricionais, não só como fonte energética, mas também como um modulador do metabolismo. A medida do possível, tais características devem ser exploradas a fim de se obter melhores resultados de desempenho animal.



CAPÍTULO

Minerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte

*Carolina Tobias Marino
Sérgio Raposo de Medeiros*



MINERAIS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Os minerais não contribuem com energia e sua participação no crescimento do animal, do ponto de vista quantitativo, é pequena (com exceção dos ossos). Portanto, os minerais por si só não são responsáveis diretos por crescimento e produção. Todavia, são coadjuvantes sem os quais a produção animal não seria possível. São fundamentais para o funcionamento adequado de quase todos os processos bioquímicos do organismo, como composição estrutural e de hormônios, participação em fluidos intra e extracelulares e catalisadores enzimáticos.

Para ilustrar essa ideia, imaginemos que uma fábrica de embalagens tenha em estoque madeira e pregos para construir 100 caixas simples com uma dobradiça que é fixada com dois pequenos parafusos. Essa fábrica só conseguirá produzir 25 caixas se houver 50 parafusos e, havendo apenas 40 disponíveis, no máximo 20 caixas poderão ser feitas. Com o animal, ocorre a mesma coisa: os minerais podem ser comparados aos pequenos parafusos que, apesar de representarem uma fração bastante pequena do produto, são essenciais para ter-se o produto acabado.

No caso dos minerais e do desempenho animal, vamos considerar que um animal tenha a energia e a proteína perfeitamente balanceadas para ganhar 1 kg/dia e que a exigência correspondente de fósforo (P) seja de 16 g de P/dia. Se ele conseguir ingerir apenas 10 g P/dia, o ganho será limitado pela disponibilidade do P. Ele teria energia para ganhar 1 kg/dia, mas ganharia apenas 600 g/dia, utilizando os 10 g P/dia, que é o que ele teria à sua disposição.

Este exemplo simplificado leva em consideração apenas a contabilidade simples entre disponibilidade de um nutriente e exigência para ganho, mas a nutrição mineral não se restringe somente a isso. Por exemplo, a deficiência de certos minerais (Fósforo, Potássio, Zinco, Manganês, Cobalto) pode reduzir a ingestão e apesar de, em tese, este efeito já estar incluído nas próprias exigências, pode fazer com que o desempenho seja ainda menor que o previsto.

Outro ponto que demonstra a existência dessas facetas mais sutis da nutrição mineral é o efeito de vários minerais sobre a resposta imune. O cobre (Cu), por exemplo, pode ter suas exigências grandemente aumentadas se o sistema imune do animal estiver passando por um desafio. Assim, a diferença de desempenho de um animal bem nutrido com Cu (portanto com boas reservas) de outro mal nutrido e com suas reservas depletadas pode ser bastante grande. E isso ocorre com outros minerais ligados ao sistema imune ou outras funções de suporte ao bom desenvolvimento do animal, como manutenção da integridade das membranas, equilíbrio osmótico e cofatores de enzimas.

Classificação dos minerais

Os minerais podem ser classificados em macro e microminerais em função de maior ou menor exigência. Os macrominerais (Cálcio, Fósforo, Sódio, Potássio, Cloro, Magnésio e Enxofre) são recomendados e inclusos

em formulação em % na MS ou g/kg. Já os microminerais (Ferro, Selênio, Iodo, Zinco, Cobre, Cobalto, Manganês e Molibdênio) são recomendados e inclusos em formulações em ppm (mg/kg).

Minerais de ingestão frequente mais crítica

Alguns minerais precisam ser ingeridos mais frequentemente:

- O Magnésio (Mg) porque o mecanismo homeostático não é eficiente o suficiente para manter os níveis de Mg no sangue e pela dificuldade dos animais adultos em mobilizarem grandes quantidades dos ossos;
- O Zinco (Zn), pois o animal tem apenas pequenas reservas;
- O Sódio (Na), uma vez que os animais não possuem reservas deste mineral;
- O Fósforo (P), o Enxofre (S) e o Cobalto (Co), por causa da nutrição dos microrganismos do rúmen.

Esses seriam os principais minerais que justificariam a importância de acesso diário dos animais às misturas minerais. Ainda sim, uma falta eventual de minerais no cocho por curtos períodos de tempo são toleráveis, pois o animal, ao longo da evolução, desenvolveu mecanismos de salvaguarda a essas pequenas privações.

O bovino tem capacidade de mobilizar fósforo dos ossos (e dos tecidos moles) quando a dieta é inadequada. Os microrganismos do rúmen parecem ser menos sensíveis que o hospedeiro à deficiência de P. Esta resistência deve-se provavelmente à eficiente reciclagem do elemento através da saliva e aos requisitos relativamente baixos dos microrganismos, embora, tanto reduções na síntese de proteína microbiana, como ineficiente degradação da fibra, tenham sido descritas pela deficiência deste elemento.

Quanto ao cobalto, o animal pode lançar mão das reservas de vitamina B₁₂ no fígado. Em alguns países, como a Nova Zelândia, a correção da deficiência de cobalto é feita através de adubação ou de injeções de B₁₂.

Deficiências marginais

Normalmente, são feitas três recomendações com relação a mineral (Figura 6.1):

- 1) A faixa de valor, ou o valor, recomendado para determinado desempenho;
- 2) O limite crítico a partir do qual passa a ser tóxico;
- 3) O limite inferior a partir do qual os sintomas da deficiência podem aparecer.

Quando um bovino ingere uma dieta deficiente, as concentrações de minerais nos tecidos podem chegar a um ponto em que as funções fisiológicas são prejudicadas. À medida que se eleva a ingestão de um mineral deficiente na dieta, as respostas fisiológica e produtiva vão aumentando (Figura 6.1, fase A), até que se alcance a concentração do nutriente capaz de atender às exigências do animal. A partir desse ponto, novos incrementos na concentração do mineral na dieta não são seguidos de resposta, portanto, atingindo-se um platô (Figura 6.1, fase B). Se a concentração

do elemento na dieta continua a aumentar, o mineral passa a ser tóxico, e maiores incrementos correspondem ao aumento nos danos às funções fisiológicas, com reflexos negativos na produção que, então, diminui (Figura 6.1, fase C). Em concentrações muito elevadas, o nutriente pode levar à morte. Opostamente, há uma quantidade mínima deste nutriente que precisa ser atendida para mantê-lo vivo, ou seja, valores menores que esse também levam o animal à morte.

A determinação das exigências nutricionais é um processo em constante evolução, pois à medida que o nível produtivo aumenta, consequentemente maiores são as exigências dos animais.

Há, também, o fato de que concentrações na dieta capazes de sustentar o máximo ganho numa determinada situação podem ser menores que as concentrações necessárias para manterem ótimas as respostas imunológica e reprodutiva. Um exemplo clássico é a necessidade de zinco para a espermatogênese, maior do que aquela para proporcionar ganho de peso ótimo.

O objetivo da suplementação é trabalhar no platô (Figura 6.1, fase B), de preferência próximo aos valores recomendados para evitar a ocorrência de interações indesejáveis entre os minerais.

A lógica seria que, uma vez que os minerais estejam todos próximos aos níveis recomendados, as interferências de uns sobre os outros estará minimizada, ou seja, eles estarão em relações próximas às ideais para a absorção. A relação entre minerais mais recomendada é a relação Ca:P, com valores recomendados entre 1:1 a 2:1. Ela está baseada na relação destes minerais no osso e tem sido seguida pelos formuladores de ração de maneira rígida. Todavia, relações entre 1:1 até 6:1 (com, obviamente, níveis adequados de P) resultaram em desempenhos semelhantes, mostrando que a rigidez quanto à relação Ca:P não se justifica. Aqui, vale a lembrança que

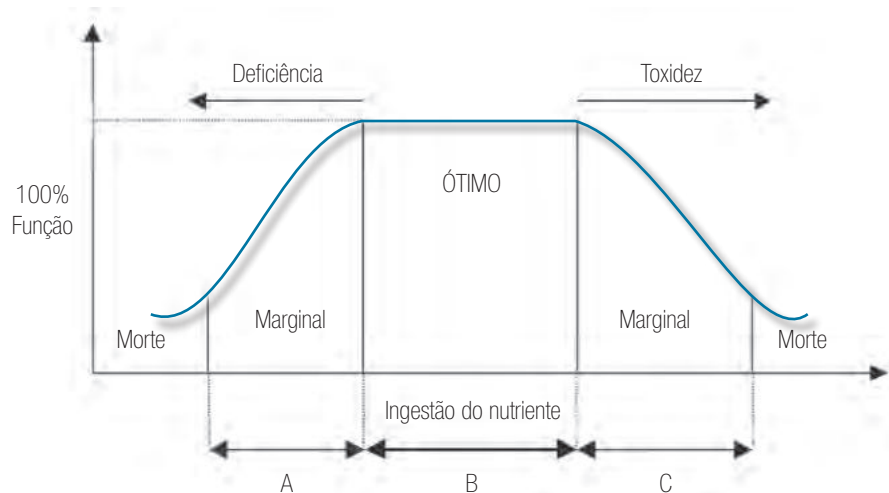


FIGURA 6.1.

Representação esquemática da resposta biológica ao aumento de um nutriente essencial (Adaptado de McDowell et al., 1993).

essa relação diz respeito à dieta como um todo e não necessariamente dos ingredientes em separado. Dessa forma, o sal mineral pode ter relação diversa e desbalanceada, desde que a proporção que ele participe da mistura resulte em uma relação na dieta final dentro da faixa comentada acima.

Biodisponibilidade

A biodisponibilidade de um mineral é definida como a proporção, em relação à quantidade ingerida, que é absorvida, transportada para seu local de ação e convertida para sua forma ativa. É, portanto, algo de difícil mensuração e, de fato, uma medida relativa. A principal dificuldade ocorre devido à absorção só ter eficiência máxima quando o mineral está abaixo da exigência. Isso ocorre devido à capacidade do organismo animal modular a absorção e a excreção para manter a concentração dos minerais dentro de estreitos limites no organismo (homeostase).

Solubilidade e absorção

Um pré-requisito para a absorção é que o mineral esteja em uma forma solúvel. O antagonismo entre Cu e Mo, por exemplo, advém da formação de complexos insolúveis de Cu. Minerais mais ligados às frações menos solúveis dos alimentos podem ser menos aproveitados pelos animais.

Interferências na absorção e sinergismos e antagonismos minerais

A fibra no trato digestivo posterior pode reduzir a absorção de minerais que ficariam adsorvidas às partículas. Com a variação do teor de fibra de 15 a 60% de FDN na MS da dieta, os valores de absorção de Mg, Zn, Fe e Cu decresceram expressivamente (Kabaija, 1988).

Outro fator de interferência na absorção é a competição entre os minerais. Elevados níveis de K podem reduzir a absorção de Mg. A ocorrência da tetania das pastagens (doença relacionada à deficiência de Mg) está muitas vezes associada a pastagens com altos teores de K.

A deficiência de Cu é comum em todo o mundo. O Cu tem como antagonistas o Mo, o S e o Fe. O antagonismo entre o Mo e Cu é exacerbado na presença de altas doses de S. O cobre reage com tiomolibidatos (sais compostos de S e Mo) formando compostos insolúveis. Aliás, a administração de tetramolibdato é um tratamento para intoxicação de Cu em ovinos, animais muito sensíveis a este elemento. O S, independente do Mo, também pode afetar a disponibilidade de Cu pela formação de sulfeto de cobre.

Altas doses de Fe também podem ajudar a causar deficiência de Cu. Altas concentrações de ferro são comuns no Brasil, tanto no solo, como nas forragens. É comum termos situações em que o nível de Fe da dieta passa do nível crítico proposto para esse elemento (1000 ppm) sem que sintomas adversos ocorram. Esta ocorrência tem sido explicada em função da forma de ferro preponderante estar em uma forma pouco biodisponível. O óxido férrico, por exemplo, é considerado indisponível.

Distribuição e forma química dos minerais nos alimentos

Tanto a distribuição como as formas químicas dos minerais nas plantas interferem na disponibilidade destes para o animal.

Elementos como Ca, Mn, Zn, Fe e Cu parecem estar mais associados à parede celular do que P, S, K e Mg, mas isso pode variar de uma espécie forrageira para outra. A associação do mineral com a fibra, ou outro componente insolúvel dos alimentos, pode reduzir sua disponibilidade.

Além disso, podem ocorrer interações com outros componentes do alimento. O ácido urônico e os compostos fenólicos são reputados como os principais grupos presentes na parede celular que complexariam cátions metálicos.

Nas forragens, a maior parte do Mg, K, P e Cu parecem ser liberados rapidamente e a solubilização, de forma geral, não parece ser um fator limitante para a utilização dos minerais. Interações de minerais entre si, outros componentes das plantas e microrganismos após a solubilização parecem ser mais importantes.

Na Tabela 6.1 são mostrados os principais minerais e suas formas na planta.

O Ca nas forragens está muitas vezes na forma de oxalato de Ca, uma forma de baixa disponibilidade. A comparação de gramíneas tropicais, ricas

TABELA 6.1. Formas químicas dos elementos presentes nas plantas

ELEMENTO	FORMAS NA PLANTA
Ca	Fosfato de cálcio, oxalato de cálcio, possivelmente ligado à pectina e lignina
P	Fosfato inorgânico, ácidos nucleicos, fosfolípidos, outros ésteres de fosfato e ácido fítico
S	Aminoácidos sulfurados, outros compostos sulfúricos, sulfato
Mg	Clorofila, ligado à lignina e a maior parte está associada à fração solúvel; associado a ânions inorgânicos e a ânions de ácidos orgânicos
Na	Íon sódio
K	Íon potássio
Cl	Íon cloro
Zn	Complexos aniônicos, forma livre
Cu	Complexos neutros ou aniônicos
Se	Selenometionina, selenato
Mn	Quelatos orgânicos
Fe	Porfirinas, complexos aniônicos, hidróxido férrico
I	Íon iodeto

em oxalatos, revelou que estas tinham disponibilidade 20% menor do que as com pouco oxalato.

O P é o mineral mais deficiente do mundo e, também, a parte mais cara da suplementação. O ácido fítico é uma forma de baixa disponibilidade para monogástricos e para não ruminantes, mas pode ser hidrolisado eficientemente pelas bactérias do rúmen. A fitase, produzida pelas bactérias do rúmen, hidrolisa o fitato a ácido fosfórico e inositol. Quando o fitato é quebrado, o P resultante fica disponível para o animal.

Relatos de baixa disponibilidade do P fítico podem estar relacionados à elevação da taxa de passagem, não permitindo a completa atividade da fitase antes do P atingir as regiões onde ocorre absorção.

O Na, Cl e o K estão presentes, principalmente, no conteúdo celular das plantas, onde estão envolvidos com a manutenção do equilíbrio osmótico, o balanço hídrico e o equilíbrio ácido-base. O Na é o único mineral que os ruminantes têm desejo de consumo específico e tendo-o à vontade, podem consumir mais do que necessitam. Em forragens tropicais, normalmente, ele está deficiente. O K tem como principal fonte exatamente as forragens. As exigências destes minerais em condições de clima quente são maiores por causa do aumento da perda deles pela sudorese.

O S, junto com o P, é um dos principais minerais para a nutrição dos microrganismos ruminais. Ele, em algumas forragens, pode ser liberado a taxas rápidas demais para ser capturado pelos microrganismos ruminais. Supõe-se, então, que possa haver perda de S no rúmen, uma vez que a reciclagem via saliva parece não ser muito eficaz.

A relação recomendada de N:S é de 12:1 e deve se ter particular preocupação em acertá-la quando se fornecer fontes de NNP em que não exista balanceamento dessa relação. É o caso da recomendação de uso de ureia, que deve ser acompanhada de fontes de enxofre.

Uma curiosidade é que, apesar de há algumas décadas ser recomendado o uso da mistura Ureia: Sulfato de Amônio, na relação 9:1, por técnicos das mais diferentes instituições de ensino e extensão, no Brasil, o Sulfato de Amônio por muito tempo ficou sem ter nenhum fabricante registrado como uma fonte de enxofre para animais no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

O Se nas forragens está predominantemente na forma de selenometionina que pode ser incorporada em proteínas corporais não específicas no lugar da metionina, deixando de ser usado nas enzimas que requerem especificamente Se. Portanto, a selenometionina pode alterar o status de Se diferentemente das formas inorgânicas desse mineral, apesar de sua absorção ser duas vezes maior que a do selenito, a principal forma inorgânica de Se.

A íntima associação do Zn com a parede celular pode fazê-lo menos disponível para o animal. De fato há pouco conhecimento a este respeito, mas a grande inconsistência de resultados em trabalhos com suplementação de Zn para animais em pastagens indica que as exigências podem ser afetadas por fatores dietéticos ou fisiológicos. Resultados de trabalhos na Embrapa Gado de Corte mostram vantagens no fornecimento de uma dose de Zn para bezerros desmamados precocemente, usando uma solução de Zn. Neste caso, a forma indicada é o Sulfato de Zinco heptahidratado ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Fontes orgânicas de microminerais (minerais complexados ou quelatados)

São usualmente chamados de minerais orgânicos aqueles minerais que participam de uma molécula orgânica. A molécula orgânica pode ser um aminoácido (unidade estrutural da proteína), carboidrato (açúcar) ou ácido orgânico. Ao se ligar a estas moléculas orgânicas, o mineral deixa de ser um íon, isto é, uma partícula com carga (positiva ou negativa), e, assim, teria uma menor interação com o meio.

Admite-se que as vantagens desse tipo de produto seriam a diminuição da interação do mineral com outros componentes da dieta especialmente outros minerais e uma maior biodisponibilidade em relação às formas inorgânicas. Adicionalmente, há a tese que o diferencial estaria menos na redução das interações e na maior absorção, mas mais no metabolismo pós-absorção, que seria mais favorável aos minerais complexados ou quelatados.

A complexação do íon com a molécula orgânica pode ser feita de formas diferentes.

Abaixo são listadas as principais formas:

- **Proteinado metálico:** O íon metálico se une com aminoácido e/ou proteínas parcialmente hidrolisadas. Não há uma padronização em termos do número de aminoácidos que o sal pode estar ligado. Normalmente, a cadeia de aminoácido precisa ser digerida pelo animal para ser absorvido.
- **Quelato metal aminoácido:** Estes são formados através da ligação por quelação do íon metálico com aminoácidos, ou seja, ele fica rodeado e unido a dois ou mais aminoácidos não específicos.
- **Complexo metal aminoácido:** Resultam da complexação de um íon metálico com um aminoácido. O fato de apenas uma molécula do mineral estar ligada a uma molécula de aminoácido seria responsável pela maior biodisponibilidade deste tipo de mineral orgânico. É muito estável.
- **Complexo metal aminoácido específico:** A diferença deste em relação ao anterior seria que, em vez do sal metálico estar ligado a diversos aminoácidos diferentes, existiria apenas um tipo de aminoácido. A biodisponibilidade seria semelhante a do anterior. Também muito estável.
- **Complexo metal polissacarídeo:** Neste caso, não existe ligação entre o mineral e os polissacarídeos (açúcar), estando o mineral impregnado na matriz orgânica. Apenas deixaria de existir interferência do íon com outros ingredientes.
- **Propionato metálico:** Seria a ligação de um íon metálico com moléculas de ácido propiônico. Há pouca pesquisa sobre eles. Os produtos resultantes secos são muito estáveis, mas altamente solúveis e geralmente se dissociam em solução.

Apesar da maioria das pesquisas comprovarem que os minerais complexados ou quelatados são mais biodisponíveis aos animais, como eles são consideravelmente mais caros que os convencionais, eventuais aumentos de desempenho podem ser insuficientes para uma relação de benefício:-custo positiva.

Além disso, na maioria das situações, a diferença entre o convencional e o mineral orgânico seria apenas uma questão de quantidade. Assim, se o mineral quelatado é cinco vezes mais biodisponível que o elemento mineral convencional, usando-se uma concentração cinco vezes maior deste último, os resultados seriam semelhantes. Vários trabalhos mostram uma vantagem muito pequena na absorção de quelatados em relação a fontes tradicionais para minerais como, por exemplo, manganês, zinco e cobre. Alguns mesmo advogam o uso de selênio orgânico como forma de minimizar os riscos de toxidez do selênio.

Em certas situações, entretanto, podemos ter a quantidade adequada de mineral inorgânico, mas ainda assim o animal apresentar menor desempenho ou sintomas de deficiência. Isso pode ocorrer, por exemplo, nas interações antagônicas entre minerais. Quando o solo é rico em molibdênio e a dieta rica em sulfatos, essa combinação pode induzir a uma deficiência de cobre. Se o cobre for fornecido via um complexo mineral ele não seria afetado (por não estar na forma iônica), o que resolveria o problema.

Outras situações que os minerais complexados e quelatados poderiam fazer diferença seriam:

- 1) Níveis extremamente elevados de produção;
- 2) Situações de baixa sanidade, onde o sistema imune está mais desafiado e aumenta-se a necessidade de certos minerais;
- 3) Na hipótese de haver vantagem em rapidamente se reestabelecer plenamente as reservas minerais do animal, como, eventualmente, no pós-parto.

Suplementação mineral do rebanho

A realidade da pecuária brasileira com relação à oferta de minerais tem como característica um consumo total pequeno em relação ao rebanho, o que já denotaria sub-mineralização. O que ocorre é que, mesmo para animais com acesso à vontade às misturas minerais, nem sempre são escolhidas as formulações mais adequadas e/ou as estratégias de suplementação que garantem a efetiva mineralização.

Um dos principais aspectos para observar é quais os minerais mais críticos que devem ser suplementados. Abaixo, na Figura 6.2, pode-se observar a ocorrência de forragem deficiente em países tropicais.

Fornecimento do sal mineral

A recomendação corrente para fornecimento de sal mineral é deixar sempre abastecido o cocho, isto é, na recarga, de preferência ainda deve haver alguma sobra. Entretanto, isso, por si só, não garante atendimento das exigências que depende de uso de formulação adequada e consumo médio próximo ao planejado (consumo alvo).

Outro problema é que, ao contrário do que se poderia acreditar, ter sal na recarga não indica necessariamente que todos os animais do lote tenham tido oportunidade de consumir o produto. Um dos motivos para isso é que os bovinos são animais gregários, isto é, que vivem em grupo. Isto faz parte

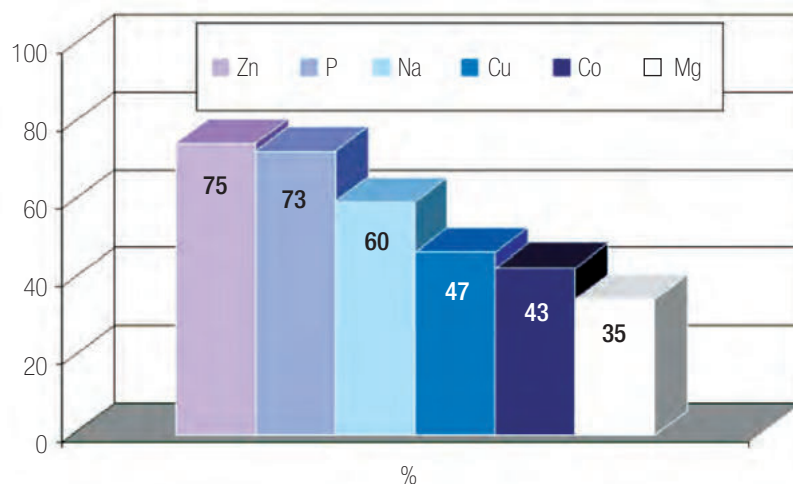


FIGURA 6.2.

Ocorrência de forragem deficiente em países tropicais com a porcentagem de valores em nível crítico ou insuficientes. Fonte: McDowel (1993).

da estratégia de sobrevivência da espécie. Assim, quando o líder do grupo resolve se afastar do cocho, os demais animais o seguem, independente de terem consumido o sal ou não. Um experimento que usou marcador no sal mineral para identificar a proporção de animais que o consumiam, indicou que apenas 50% dos animais tinham ingerido o sal (Goulart, 2010). Assim, apesar do consumo médio estar dentro do esperado, o consumo real era o dobro do esperado, em função de apenas metade do lote estar consumindo.

Isso mostra como é crítico o fornecimento do mínimo de espaço linear de cocho. A recomendação para sal mineral é de 6 cm lineares de cocho por unidade animal (animal com 450 kg de peso vivo). Considerar acesso pelos dois lados do cocho apenas se isso efetivamente ocorrer (exemplo: cochos largos), o que não é usual.

Ao abastecer recomenda-se que o volume da carga do mineral não ultrapasse 2/3 da altura das paredes do cocho para reduzir as perdas pela ação do vento e dos próprios animais. Quanto à altura, ela deve facilitar o acesso e, assim, deve-se sempre lembrar de levar em consideração os animais jovens.

Já quanto à localização dos cochos, a opção para facilitar o atingimento do consumo médio é colocar perto da aguada e/ou do malhadouro, pois isso favorece o consumo.

Algumas pessoas sugerem colocar os cochos estrategicamente para favorecer pastejo em locais menos pastejados, o que é discutível, pois isso indica mau manejo da pastagem. Ao se colocar opostamente à aguada, deve haver cuidado com formação de “trilhas”. Também nesse caso, se isso ocorrer é possível que o pasto esteja sendo mal manejado. Um item bem importante é que o local seja de fácil acesso para facilitar o abastecimento.

Importante manter constante observação para redimensionamento, caso se perceba que a falta de espaço linear esteja reduzindo o conforto animal.

A distribuição dos cochos ajuda a estimular o consumo, particularmente dos animais submissos que tem medo de dividir o cocho com animais mais agressivos. Uma boa dica é dar boa distância entre cochos para ajudar esses animais submissos chegarem até eles. Recomenda-se colocar a distância de dois corpos entre cochos, pois um corpo é a “distância de fuga” dos animais, ou seja, se ele ficar cerca de um corpo de distância do animal do qual tem medo, ele permanece tranquilo, mas, ao se reduzir a distância abaixo disso, a tendência é o submisso sair de perto.

Consumo alvo

Atingir o consumo alvo para cada suplemento mineral é um dos grandes desafios da nutrição de bovinos em pastagem no Brasil. Ele nem sempre é facilmente obtido, pois há muitas variáveis no sistema que influenciam a ingestão de minerais e dificuldades operacionais (distância dos pastos, ocorrência de chuvas, etc.).

Todavia, antes de entrar na busca do consumo-alvo propriamente dito é importante chamar a atenção para diferenciar teor do nutriente (% , g/kg ou ppm) de ingestão do nutriente (g/cab.dia). Para isso é interessante o exemplo do quadro abaixo:

Este quadro tem dois suplementos minerais: o Sal A, com consumo de 81 g/kg de fósforo (P) e o Sal B, com 90 g/kg de P. É comum o Sal B, portanto, ser considerado como “mais forte” e talvez até ser escolhido por isso. Ocorre que o Sal A, tem consumo de 70 g/cab.dia e o Sal B, de apenas 50 g/cab.dia. Assim, como o consumo, em g/cab.dia, é a multiplicação do consumo pelo

QUADRO 6.1. Comparação entre teor de nutriente e ingestão do nutriente, considerando dois suplementos minerais diferentes (A e B).

MISTURA MINERAL CONSUMO, G/CAB.DIA ELEMENTO	A		B	
	70		50	
	TEOR	G/CAB.DIA	TEOR	G/CAB.DIA
Ca, g/kg	120	8,40	130	6,50
P, g/kg	81	5,67	90	4,50
S, g/kg	15	1,05	17	0,85
Na, g/kg	140	9,80	200	10
Cu, ppm	1235	86	1500	75
Zn, ppm	5000	350	6000	300
I, ppm	130	9	150	7,50
Co, ppm	150	11	160	8,00
Se, ppm	15	1	18	0,90

TABELA 6.2. Misturas minerais com diferentes teores de sódio (Na) e seu consumo baseado no atendimento das exigências deste elemento.

PRODUTO	TEOR DE NA G /KG	CONSUMO ESTIMADO (G/CAB.DIA)	CONSUMO DE NA (G/CAB.DIA)*
A	200	50	10
B	165	60	10
C	145	70	10

* 10g ~ 0,10% MS para 1 UA.

teor (g/kg), temos que o animal que receber o Sal B vai consumir 4,5 g/cab. dia de P, contra 5,67 g/cab.dia do Sal A, ou seja o sal que seria considerado prematuramente como “mais forte” é exatamente o que fornece menos P!

Em geral a mistura mineral contendo entre 30-40% de cloreto de sódio (NaCl) permite consumo suficiente para ingestão satisfatória dos demais minerais. O Sódio, como já dito, é o mineral que faz os animais terem o desejo de consumir suplemento mineral. Em função disso, ele pode se usado como referência para o consumo do suplemento, baseado no atendimento de sua exigência. Na Tabela 6.2, ilustra-se essa situação.

A ideia é que o animal pára de consumir no momento que sua exigência de Na é atendida. Considerando a exigência como 10 g/cab.dia e três suplementos com teores (g/kg) decrescentes de Na, eles teriam consumos crescentes para compensar o menor teor e chegar à mesma ingestão de Na, como mostrado na terceira coluna. Portanto, a partir do teor do suplemento e da exigência do animal é possível prever um provável consumo para este produto.

A aplicação prática desta premissa deve ser feita apenas no sentido de se ter uma referência. Em geral, o consumo alvo é determinado assim, pois o mineral é formulado seguindo esse princípio.

O consumo alvo tem de ser visto com reservas para uso pontual, uma vez que a variabilidade do consumo de mineral no campo é enorme. Contudo, para um número considerável de observações, há uma convergência da média dos valores observados a campo com os valores estimados pelo teor de sódio, indicando ser válido usá-lo como referência.

Quando o consumo está muito alto, podemos lançar mão de uma ou mais das ações descritas abaixo:

- 1) *Misturar sal comum*: Difícil acertar a quantidade de sal comum a misturar;
- 2) *Restringir o fornecimento*: Colocar a quantidade para mais de um dia em determinado dia e não fornecer nos dias a mais;
- 3) *Mudar o cocho* para longe da água e dos locais de concentração dos animais (malhadouro);
- 4) *Reduzir o nível de palatabilizante*: Perde-se a vantagem do palatabilizante que é a de deixar o consumo menos variável.

Se o objetivo for aumentar o consumo, basta fazer o oposto ao indicado nos itens acima.

Suplementação mineral e as épocas do ano

O momento mais importante para se preocupar com a suplementação mineral é no período das águas, para que se consiga extrair ao máximo o potencial de ganho da pastagem que, de outra forma, poderia ser limitado por alguma deficiência mineral.

De maneira oposta, teoricamente, no período da seca, fornecer apenas NaCl poderia dar o mesmo resultado que o sal mineral completo, uma vez que o resultado normal de se dar somente sal mineral na seca é a perda de peso. Como a exigência mineral é diretamente relacionada ao nível produção, fica fácil entender o porquê de não haver resposta à suplementação mineral. No caso da seca, o limitador principal é a proteína e é este nutriente que devemos suplementar estrategicamente. Na prática, nenhum nutricionista animal recomenda fornecer apenas sal branco na seca. Em primeiro lugar porque se sugere usar o sal com ureia ou o sal proteinado, mas também porque os minerais têm outros papéis (Ex.: sistema imune), portanto havendo risco nesta estratégia de deixar o animal com menor resistência.

Água e solo como fontes de minerais

A água e o solo não costumam ser fontes primordiais de minerais, mas podem, em determinadas situações, ser responsáveis por consideráveis quantidades do suprimento destes. Um exemplo drástico é a intoxicação de Flúor (F) através de águas de poços em regiões com problemas endêmicos.

O Na e outros sais presentes em grandes quantidades na água podem reduzir o consumo da mistura mineral, comprometendo a ingestão balanceada de minerais.

O consumo de grandes quantidades de solo (geofagia) pode ser um indicativo de deficiência mineral. Dados neozelandeses indicam que o consumo de solo pode chegar a 600 kg/ano para vacas leiteiras em pasto. Esse consumo de solo pode tanto ajudar a suplementar minerais aos animais (Exemplo: Co e I são mais altos no solo que nas plantas), como pode trazer compostos tóxicos ou atrapalhar o balanceamento da dieta (Exemplo: Induzir deficiência de Cu por causa de Mo e Zn, seus antagonistas). O bom manejo das pastagens e a boa mineralização dos animais reduzem a ingestão de solo.

Algumas vezes, nota-se geofagia em confinamento, mesmo com os animais estando bem mineralizados. Nesse caso, fica claro que isso é apenas um desvio de comportamento dos animais – como se ele estivesse achando uma “diversão” para o tempo de ócio. Isso se inicia muitas vezes com o comportamento isolado de um animal que é, em seguida, imitado pelos demais.

VITAMINAS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

As vitaminas, tal como os minerais, têm funções chave como cofatores de enzimas ou elementos reguladores. Processos metabólicos são desencadeados ou controlados por vitaminas. As quantidades requeridas de vitaminas são muito pequenas, mas vitais para o animal e a concentração correta na dieta pode otimizar o desempenho animal.

QUADRO 6.2. Forma, fontes e depósitos de vitaminas lipossolúveis

VITAMINA	FORMA	FONTES	DEPÓSITOS
A	Pró-vitamina A (carotenos, criptoxantina)	Forragens verdes, milho amarelo, silagens e fenos (mas com mais baixa disponibilidade). Beta-caroteno é a forma mais comum.	Fígado, duração de 2 a 4 meses.
D	Ergocalciferol (D ₂) e Colecalciferol (D ₃)	D ₂ provém de plantas	Pequena reserva no fígado
E	Alfa-tocoferol	Gérmen de trigo, sementes de oleaginosas, forragens verdes e conservadas (mas decaem com o processamento e o tempo de armazenamento)	Fígado e tecido adiposo, principalmente, mas muitos outros tecidos
K	K ₁ e K ₂	K ₁ , forragens verdes e K ₂ , bactérias ruminais	—

Ainda de maneira semelhante aos minerais, em determinadas situações, valores mais elevados de vitaminas podem ser necessários, especialmente em caso de problemas de sanidade. De fato, quando respostas imunológicas são utilizadas para verificar o efeito das vitaminas, as exigências se mostraram bem superiores do que quando utilizadas apenas medidas de produção ou reprodução, em condições sem desafio ao sistema imune.

As vitaminas são divididas em dois grupos em função de sua solubilidade:

- Vitaminas lipossolúveis: A, D, E e K;
- Vitaminas hidrossolúveis: Vitaminas do complexo B (B12, Tiamina, Niacina e Colina), vitamina C.

As vitaminas hidrossolúveis são produzidas pelos microrganismos ruminais ou mesmo pelos animais (caso da Colina e, provavelmente, da vitamina C). Portanto, não há muito que se preocupar com elas. Respostas à suplementação de niacina, por exemplo, só são reportadas em vacas leiteiras de alta produção e, mesmo assim, as vantagens de suplementá-la ainda são bastante discutíveis.

Já as vitaminas lipossolúveis dependem mais da dieta, apesar da vitamina D ser sintetizada na epiderme de animais expostos ao sol, da vitamina K ser sintetizada pelo rúmen e da vitamina A também ser produzida pelos animais, desde que haja na dieta precursores da vitamina A (alfa-carotenos, betacaroteno, gama-caroteno e criptoxantina).

No Quadro 6.2 são apresentadas as fontes das vitaminas lipossolúveis.

Vitamina A

A atividade da vitamina A é medida em equivalentes de retinol. Uma unidade internacional de vitamina A corresponde a 0,3 µg de retinol na

forma trans. Isto equivale a 0,344 µg de trans retinil acetato ou 0,550 µg de trans retinil palmitato, que são as formas mais comuns em suplementos vitamínicos.

Uma redução de 1% ao mês na concentração, mesmo em boas condições de armazenagem, é normal. Se estas formas são conservadas em misturas minerais e/ou outros alimentos, ou quando são peletizadas, essas perdas aumentam para de 5 a 9% por mês.

Nas plantas, não existe retinol, mas precursores deste, dos quais o mais comum é o betacaroteno. Como ele é muito sensível, o processamento (ensilagem ou fenação) e o armazenamento de alimentos reduz o seu teor. A quantidade de carotenos é altamente variável nos alimentos. Para bovinos, 1 mg de betacaroteno equivale a 400 UI (=120 µg de retinol)

Condições predisponentes à suplementação de Vitamina A:

- 1) Dietas com baixo teor de volumosos (maior destruição ruminal e menor ingestão de betacaroteno);
- 2) Dietas com maiores concentrações de silagem (teores mais baixos de betacaroteno e mais baixa biodisponibilidade potencial de betacaroteno na dieta basal);
- 3) Dietas com forragens de baixa qualidade (teores basais mais baixos de betacaroteno);
- 4) Maior exposição a patógenos infecciosos (maior demanda do sistema imune);
- 5) Períodos quando a resposta imune possa estar reduzida (período pré-parto por exemplo).

Vitamina D

A vitamina D₃ provém da reação fotoquímica que ocorre na pele dos animais transformando o 7-deidrocolesterol em D₃ (colecalfiferol). Nas plantas, a radiação ultravioleta produz a vitamina D₂ (ergocalciferol), a partir do ergosterol, um fitoesterol.

Uma unidade internacional de vitamina D é igual a 5 µg de colecalfiferol.

Dietas com elevados teores de concentrado e manutenção de animais em locais protegidos da radiação solar podem aumentar a chance de necessidade de suplementação de vitamina D.

Vitamina E

A vitamina E é um grupo de substâncias lipossolúveis chamadas tocoferóis ou tocotrienóis. A forma mais ativa e mais comum nos alimentos é o alfa-tocoferol. A silagem pode ter de 20 a 80% menos vitamina E do que a forragem original. O tratamento térmico empregado na soja tostada, por exemplo, destrói praticamente toda a vitamina E.

A forma comercial de suplementação é o alfa-tocoferil acetato que na forma esterificada é mais estável do que na forma de álcool. Uma unidade internacional de vitamina E corresponde a 1 mg de alfa-tocoferil acetato. A perda de atividade biológica dos suplementos com alfa-tocoferil acetato é de 1% ao mês, mas produtos extrusados podem ter perda de 6% ao mês.

Condições predisponentes à suplementação de Vitamina E:

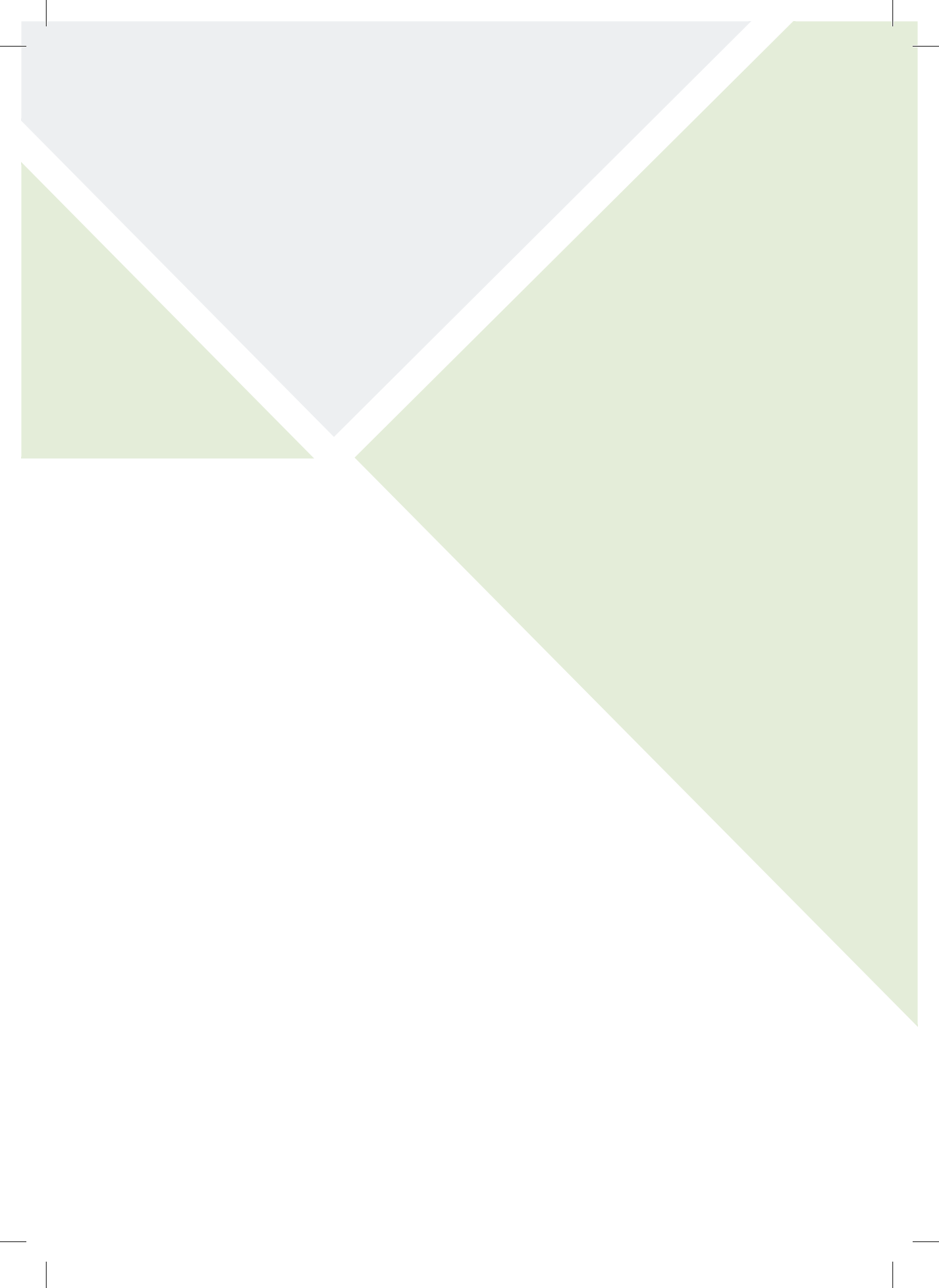
- 1) Dietas com forragem conservada exigiriam 67% a mais de vitamina do que uma dieta semelhante em que fosse usada forragem *in natura* (50% como volumoso) ou consumo de pastagem;
- 2) Animais com níveis subótimos de Se;
- 3) Animais produzindo colostro que contenha de 3 a 6 µg de alfa-tocoferol;
- 4) Ingestão de ácidos graxos poli-insaturados pode aumentar o requerimento se adicionados na forma protegida para ruminantes;
- 5) Períodos quando a resposta imune possa estar reduzida (período pré-parto).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mineralização é uma das práticas nutricionais por mais tempo usadas na pecuária nacional e, exatamente por estar a tanto tempo incorporada à produção, nem sempre recebe a devida atenção. É importante ir contra isso e investir na melhor mineralização possível, pois há grandes chances de resposta ao se suplementar corretamente, algo que não deve ser desperdiçado.

Já com relação à suplementação de vitaminas, apesar de haver poucas situações em que há resposta em nossas condições, elas não devem ser desperdiçadas. Além disso, devemos ter em conta que, com o aumento do potencial produtivo dos animais, em função do melhoramento, a tendência é que essas situações de resposta à suplementação vitamínica aumentem.

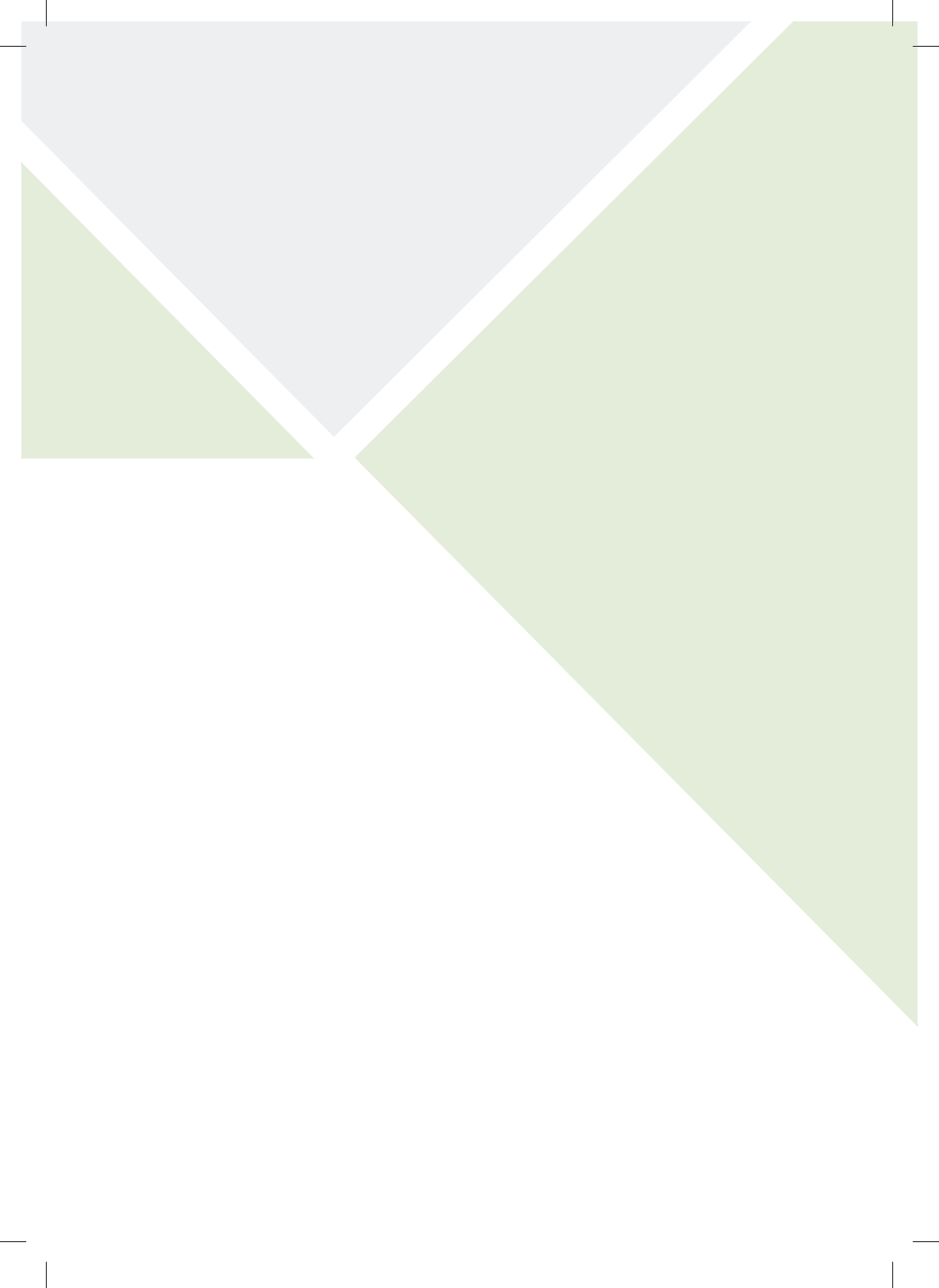


7

CAPÍTULO

Aditivos alimentares na nutrição de bovinos de corte

*Carolina Tobias Marino
Sérgio Raposo de Medeiros*



DEFINIÇÃO

No Brasil, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento define *aditivo* como substância intencionalmente adicionada ao alimento com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, desde que não prejudique seu valor nutritivo.

PRINCIPAIS ADITIVOS UTILIZADOS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Ionóforos

Ionóforos são substâncias naturais produzidas por fermentação de microrganismos (*Streptomyces*). São moléculas solúveis em lipídios que transportam íons através da membrana celular. Os ionóforos agem sobre a permeabilidade da membrana celular, alterando o fluxo iônico celular, com entrada dos cátions (Na^+ e H^+) e saída de K^+ , o que altera a concentração de íons H^+ e diminui o pH do citoplasma. Para reestabelecer o pH normal, há gasto de energia (ATP), reduzindo assim a disponibilidade energética para seu crescimento. As bactérias gram-positivas são sensíveis à ação dos ionóforos por apresentar apenas uma membrana celular.

O efeito dos ionóforos deve-se à alteração na fermentação ruminal pela seleção de bactérias gram-negativas, com alterações na proporção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e na concentração de nitrogênio amoniacal, processos chave que afetam diretamente o metabolismo de energia e proteína do animal. Os efeitos dos ionóforos podem ser apresentados resumidamente como:

- Aumento da retenção de energia fermentada no rúmen, devido a uma alteração no padrão de fermentação, com maior produção de propionato (C_3) em relação a acetato (C_2), com decorrente diminuição das perdas através de metano. Além de haver menor perda de energia, aumenta-se seu aproveitamento, pois o C_3 seria mais eficientemente metabolizado que o C_2 .
- Os ionóforos diminuem a degradação da proteína ruminal, resultando num maior escape de proteína verdadeira no rúmen. Esta ação se dá pela diminuição da atuação de um grupo de bactérias denominadas de “hyper-ammonia producing bacteria”, ou seja, bactérias hiperprodutoras de amônia que atuam degradando peptídeos e aminoácidos no rúmen.
- Diminuição de distúrbios metabólicos, como acidose e timpanismo, pela menor concentração de ácido láctico e menor produção de mucopolissacarídeos que dão estabilidade à espuma. As bactérias metanogênicas são as principais responsáveis pela produção destas substâncias.

O conjunto dessas alterações resulta em aumento de ganho de peso, na melhora da conversão alimentar ou em ambos. Em dietas com elevada concentração de grãos, não há alteração no ganho de peso, mas ocorre

redução do consumo. A vantagem, portanto, é uma melhor conversão alimentar. Já em dietas com quantidades maiores de forragem, o consumo não é alterado, mas há aumento no ganho de peso. Aqui essa vantagem se soma à melhor conversão alimentar.

Este tipo de comportamento pode ser explicado pelo mecanismo quimiostático de satisfação da ingestão, segundo o qual a ingestão de alimentos cessa quando a quantidade de energia disponível na dieta supre a necessidade do animal. Ou seja, em um animal consumindo dietas muito energéticas, em que o mecanismo quimiostático já está atuante (isto é, ele não tem fome), há redução na ingestão em função do aumento de disponibilidade de energia que ocorre com uso do ionóforo, pois uma menor quantidade de alimento é capaz de atingir seu nível de saciedade.

No caso de um animal recebendo uma dieta com mais forragem, com menor densidade energética e estando com uma ingestão de energia inferior ao seu ponto de saciedade, o aumento energético não causa redução de consumo e, como há mais energia sendo aproveitada com o mesmo nível de ingestão, o ganho é superior. Se o ganho é maior e o consumo permanece inalterado, a conversão é melhorada.

O efeito proporcional de aumento de eficiência alimentar e ganho de peso diminui à medida que se aumenta o teor de energia da dieta. Apesar disso, o uso de ionóforos em dietas com volumoso de muito baixa qualidade e ureia resulta em poucos benefícios, o que provavelmente está ligado à atividade dos ionóforos na diminuição da atividade da urease.

O impacto da utilização da monensina no crescimento e terminação de bovinos de corte foi avaliado por meta-análise que demonstrou que o aditivo reduz o consumo de matéria em aproximadamente 3% e aumenta tanto o ganho médio diário (2,5%) como a eficiência alimentar (3,5%) (Duffield et al., 2012).

Ionóforos e sua utilização

A utilização preponderante dos ionóforos, sem dúvida, ocorre em dietas de confinamento. A existência de grande quantidade de alimentos palatáveis e a possibilidade de misturá-lo na porção concentrada da ração em uma dieta total, forçando o consumo pelo animal, facilita seu uso.

Na Tabela 7.1, é apresentado um resumo de resultados de bovinos em confinamento e em pastejo nos Estados Unidos com ou sem o uso da monensina sódica. A diminuição de consumo apresentada nesta tabela ocorre em situação de dietas com altos teores de concentrado. Nas dietas de confinamento no Brasil, eventualmente com altos teores de volumoso, praticamente não existe efeito na ingestão, mas o efeito sobre desempenho é maior.

O uso da salinomicina e outros ionóforos apresentam resultados muito semelhantes aos apresentados para monensina. Existe o conceito de que a monensina tende a reduzir ainda mais o consumo do que a salinomicina, e esta última estaria associada à manutenção de ganhos um pouco superiores aos da monensina. Entretanto, uma análise conjunta dos dados ainda não demonstra uma diferença clara e acreditamos que diferenças de dose tenham efeitos mais importantes, inclusive por efeito no consumo.

TABELA 7.1. Desempenho de bovinos em confinamento recebendo monensina na alimentação.

	CONTROLE	MONENSINA	ALTERAÇÃO	DP1
Confinamento				
Número, Cabeças	5696	5578		
Peso Inicial, kg	284	283		
Peso Final, kg	430	432		
Monensina, mg/dia		246		
Ganho de Peso, kg/dia	1,09	1,10	+ 1,6 %	8,5
Consumo, kg MS	8,27	7,73	- 6,4 %	5,0
kg MS/ kg ganho	8,09	7,43	- 7,5 %	6,5
Pastagem				
Número, Cabeças	456	458		
Peso Inicial, kg	243	243		
Monensina, mg/dia		154		
Ganho de Peso, kg/dia	0,609 ^b	0,691 ^a	+13%	0,009

Fonte: Goodrich et al. (1984); ¹ Desvio Padrão ; ^a P <0.01; ^b Nível médio

Ionóforos na produção de bovinos de corte em pasto

No caso da suplementação a pasto, uma das maiores dificuldades é a ingestão da dose diária correta do princípio ativo. Isso devido ao padrão errático de consumo de suplementos oferecidos ao animal no pasto, às vezes intensificado por um efeito depressivo no consumo pelo próprio aditivo.

A Monensina afeta mais o consumo do que a Lasalocida. Em todo caso, o uso de ionóforos em proteinados diminui o problema de consumo, visto que uma grande proporção destes constitui-se em alimentos palatáveis. Em adição a isso, trabalhos realizados com suplementação em dias alternados mostraram que não há prejuízo em se realizar tal procedimento.

A revisão de Goodrich et al. (1984), além dos dados de confinamento, contém dados de aproximadamente 1.000 animais a pasto e indica um aumento de 13% de ganho em resposta ao uso do ionóforo (Tabela 7.1). Potter et al. (1986), representando mais de 30 estudos com mais de 2.000 cabeças a pasto, indicaram um aumento de 16% em ganho de peso para animais suplementados com Monensina.

Huntington (1996) utilizou resultados de mais de 20 experimentos, cuja faixa de ganho de peso variou de 0,35 a mais de 1 kg/dia, para construção de uma regressão para avaliar o impacto do uso de ionóforos sobre o ganho

TABELA 7.2. Ganho de peso de animais sob pastejo suplementados com ionóforos.

DURAÇÃO (DIAS)	PESO MÉDIO (kg)	IONÓFORO	GANHO (kg/cab/dia)		CITAÇÃO
			CONTROLE	TRATADO	
120	225	Monensina	0,56	0,65	Potter et al. (1986)
100	225	Monensina	0,59	0,68	Potter et al. (1986)
105	210	Monensina	0,44	0,50	Patterson et al. (1983)
100	216	Lasalocida	1,03	1,14	Anderson et al. (1987)
90	472	Lasalocida	0,09	0,16	Jacques et al. (1987)
161	180	Salinomicina	0,49	0,73	Bagley et al. (1988)
140	537	Lasalocida	0,09	0,09	Chirase et al. (1988)
112	256	Tetronasina	1,03	1,12	Gates et al. (1989)
80	250	Lasalocida	1,44	1,58	Worrel et al. (1990)
107	249	Tetronasina	1,15	1,26	Sticker et al. (1991)
107	249	Lysocellin	1,15	1,23	Sticker et al. (1991)
80	355	Lasalocida	0,35	0,40	Rode et al. (1994)
80	355	Lasalocida	0,60	0,62	Rode et al. (1994)
70	200	Monensina	0,26	0,28	Floyd et al. (1995)
113	278	Monensina	0,61	0,69	Rush et al. (1996)
113	278	Lasalocida	0,61	0,72	Rush et al. (1996)

Fonte: Huntington (1996).

de peso de animais a pasto, encontrando associação linear positiva, da ordem de 6%, entre o uso destes aditivos e o ganho de peso de animais em manutenção ($P < 0.09$). Um resumo dos dados dos trabalhos utilizados por Huntington (1996) está apresentado na Tabela 7.2.

Antibióticos não-ionóforos

A virginiamicina (VM) é outro antibiótico da classe das estreptograminas, produzida pelo microrganismo *Streptomyces virginiae* que tem uso aprovado no Brasil. É uma substância formada por dois componentes químicos (fator M e fator S) que inibem a formação das ligações peptídicas levando à diminuição do crescimento e/ou morte da célula.

Apresenta efeitos positivos no ganho de peso e na eficiência alimentar de bovinos de corte, tendo como vantagem uma maior inibição da produção de

ácido láctico em relação aos ionóforos. Seu uso durante as dietas de transição tem demonstrado resultados produtivos positivos. A VM também apresenta um efeito muito positivo de redução da incidência de diarreia.

Na Austrália, a VM tem sido utilizada comercialmente em associação com os ionóforos. Estudos conduzidos no Brasil, na Escola superior de agricultura “Luiz de Queiróz” – ESALQ, avaliando associação de VM com salinomicina (ionóforo) demonstraram excelentes resultados em bovinos Nelore consumindo dietas com 88% de concentrado na MS e alta proporção de amido (Nunez, 2008). O uso combinado da salinomicina com virginiamicina resultaram em melhoras na conversão alimentar da ordem de 4%. Um aspecto interessante deste experimento foi o aumento do rendimento de carcaça, uma característica das respostas para VM em monogástricos.

Probióticos

Probióticos são produtos baseados em culturas de organismos vivos não patogênicos que se estabelecem naturalmente no trato digestivo, especialmente no intestino. Alguns trabalhos apontam vantagens no uso de probióticos, pela sua capacidade de induzir alterações da população presente no trato gastrointestinal, resultando em maior digestão e proteção contra disfunções fisiológicas e até mesmo doenças.

A colonização do meio por microrganismos probióticos parece evitar, ou ao menos diminuir, a presença de bactérias patogênicas, a partir de mecanismos como a competição por nutrientes, por espaço ou por ação direta ou indireta de metabólitos produzidos pelos probióticos. Além disso, outros benefícios, como a produção de nutrientes (i. e. vitaminas) podem ser realizadas pelo agente probiótico.

Um exemplo de microrganismo utilizado como probiótico seria o grupo dos *Lactobacilli* que, pela produção de ácido láctico no intestino, diminui o pH, e, dessa forma, inibe a proliferação de bactérias patogênicas como a *E. coli*. Dentre aqueles apontados como mais efetivos para ruminantes, encontra-se o fungo *Aspergillus oryzae* e a levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae*.

No caso do *Aspergillus oryzae*, o trabalho *in vitro* de Newbold et al. (1991) usando a técnica de simulação da fermentação ruminal (RUSITEC) é interessante. Além de demonstrar um efeito grande de aumento total de bactérias e de bactérias celulolíticas (90% e 50%, respectivamente), mostrou que o *Aspergillus oryzae* irradiado com raios gama foi tão eficiente quanto o tratamento não irradiado e que a autoclavagem inativa os benefícios, indicando que o efeito é devido a algum composto termolábil.

Os resultados com o uso destas substâncias não têm sido suficientemente consistentes e parece valer aqui o fato de que sua ação é positiva apenas em locais onde o desafio ambiental é grande. Em animais saudáveis há um bom funcionamento do aparelho intestinal com equilíbrio da microbiota (predomínio de bactérias produtoras de ácido láctico – *Lactobacillus*), fundamental para o aproveitamento dos nutrientes e desenvolvimento do animal. Já em situações de estresse (manejo, variações climáticas e alimentação), há um desbalanço neste equilíbrio abrindo espaço para que bactérias

patogênicas se proliferem. Resultados de trabalhos realizados no Brasil com bezerros leiteiros suportam essa observação (Alves et al., 1997; Gonçalves et al., 1997). Os quadros de diarreia são uma das maiores causas de perda de animais jovens. Neste caso, os probióticos podem atuar como promotor de crescimento, inibidor de bactérias patogênicas ou na neutralização de toxinas produzidas por bactérias como também atuar no repovoamento da microbiota intestinal após o tratamento dos quadros de diarreia.

Deve-se levar em conta, todavia, que probiótico é um termo genérico, assim com antibiótico, e há probióticos com diferentes composições de microrganismos. Além disso, mesmo microrganismos de uma mesma espécie, mas de cepas diferentes, podem variar na sua capacidade probiótica. Essas observações podem explicar, pelo menos em parte, a inconsistência nos resultados de pesquisas, enfatizando a necessidade de se detalhar o tipo de probiótico utilizado.

Tem sido cada vez maior a preocupação com o uso de antibióticos na nutrição animal devido à possibilidade de gerar microrganismos resistentes. Assim, probióticos aparecem como alternativa para utilização como substituto ou coadjuvante nos tratamentos com antibióticos. Os probióticos são geralmente considerados pelo FDA (Food and Drug Administration dos EUA) como substâncias GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, “geralmente reconhecidas como seguras”. Isso dá uma significativa vantagem aos probióticos em termos de custo e tempo para chegarem ao mercado. Deve-se esperar, portanto, que haja ainda bastante investimento na obtenção de novas linhagens de microrganismos mais eficazes e que estudos sejam conduzidos para determinar a maneira mais eficaz de utilização.

Infelizmente, o fato dos probióticos serem considerados GRAS tem permitido que cheguem ao mercado sem qualquer comprovação, independente de eficácia. Isto traz prejuízos significativos à pecuária nacional e, particularmente, aos produtores que acabam sendo alvo de empresas inescrupulosas que vendem produtos sem a devida comprovação dos resultados.

Inoculantes ruminais

As culturas de microrganismos ruminais são facilmente encontradas no mercado. Muitas delas são apenas o conteúdo de fluido ruminal coletado em abatedouros e liofilizado. Nesse caso, fica fácil entender o porquê da ausência de resposta com produtos dessa natureza. A explicação simples é que ela não acrescenta nada de novo ao rúmen do animal.

É comum a recomendação destes produtos para animais jovens, ainda não ruminantes funcionais. Neste caso, procura-se justificar o uso com base na premissa de que haveria um adiantamento da colonização do rúmen. Estudos mostram que a contaminação natural do animal jovem ocorre de maneira bastante rápida, não havendo vantagem em se tentar adiantá-la.

Certos produtos prometem conter bactérias selecionadas que seriam mais eficientes nas tarefas realizadas do que aquelas naturalmente existentes no rúmen. Apesar de ser possível reconhecer, multiplicar e aplicar esse tipo de bactéria no rúmen, dificilmente essa população microbiana específica poderá se manter ativa no competitivo ambiente ruminal. Aparentemente,

bactérias muito eficientes em determinado atributo (por exemplo, digestão de celulose), na apuração genética desta característica, parecem perder outros atributos que garantiriam um nível de competição compatível ao exigido pelo ambiente ruminal.

Leveduras

Leveduras não têm importante papel na fermentação ruminal e são incapazes de competir e crescerem no rúmen, sendo necessário repô-las frequentemente para manter sua atividade. Estudos com a inclusão de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* mostram efeitos contraditórios sobre sua eficácia na melhoria do desempenho e a produção de carne.

Um dos principais efeitos observados com a inclusão de leveduras na dieta é o aumento no número de bactérias viáveis e celulolíticas (Wallace & Newbold, 1993; Nagaraja et al., 1997). Seu mecanismo de ação ainda não é totalmente esclarecido. As hipóteses estão relacionadas com a remoção do oxigênio do ambiente ruminal, o que viabilizaria a sobrevivência das bactérias celulolíticas que são sensíveis ao O_2 . Outra forma de atuação seria como fator de crescimento para certos microrganismos (ácidos orgânicos, vitamina B e aminoácidos), como os utilizadores de ácido láctico.

Willians et al. (1991) observaram que novilhos alimentados com uma dieta de grão de cevada-feno e suplementados com *Saccharomyces cerevisiae* tiveram menores valores médios, menor pico de concentração de L-lactato e maior pH do fluido ruminal que animais controle. Não houve alteração no padrão de fermentação por culturas de leveduras em estudo de alimentação em excesso, mas culturas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, através da estimulação de crescimento de bactérias utilizadoras de lactato, podem ajudar a moderar o pH ruminal e evitar acidose.

Tamponantes

Tamponantes são substâncias utilizadas com o intuito de diminuir as variações no pH do trato digestivo, especialmente do rúmen, e mantê-lo em níveis normais. A faixa ideal para degradação da fibra fica compreendida no estreito espaço entre 6,2 e 6,8 e há grande alteração na degradabilidade com valores inferiores.

Animais em pastejo, normalmente, não apresentam necessidade de tamponantes, uma vez que a grande quantidade de fibras presentes nas forragens estimula a produção de saliva que naturalmente é rica em tamponantes. Além disso, a concentração de carboidratos não estruturais (CNE) na forragem não causa sobrecarga o sistema de tamponamento do rúmen, não sendo necessária administração exógena.

Dietas ricas em concentrado, opostamente, tendem a apresentar uma maior produção de ácidos orgânicos, devido à maior fermentação dos CNE. Esse processo reduz a capacidade tamponante do rúmen em função de um menor estímulo à salivação, o que resulta no abaixamento do pH.

Dependendo do grau de abaixamento do pH, pode ocorrer um quadro de acidose aguda, resultando em danos à parede do rúmen e intestino, diminuição do pH do sangue e desidratação, levando o animal à morte.

Laminite, abscessos no fígado e poliencefalomalácia frequentemente acompanham a acidose (Owens, 1998). A acidose subclínica, obviamente, diminui o desempenho.

As substâncias mais usadas como tamponantes são o Bicarbonato de Sódio, Bicarbonato de Potássio, Óxido de Magnésio e o Carbonato de Cálcio. Há na literatura muitos trabalhos em que a inclusão de tamponantes não surtiu efeitos positivos. As situações em que pode haver vantagem no uso de tamponantes seriam as seguintes:

- Início de confinamento;
- Altos teores de concentrado;
- Uso de silagens (principalmente de milho e grãos de alta umidade);
- Concentrado oferecido separadamente do volumoso;
- Troca de dietas feita abruptamente.

Outra situação em que o uso de tamponantes pode fazer diferença é em dietas com bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado (BAH), devido à baixa estimulação ruminal deste volumoso, à elevada quantidade de CNE e seu baixo pH. Tem-se utilizado, alternativamente, uma fonte de fibra íntegra, que diminui a necessidade de tamponantes.

Em um trabalho em condições semelhantes, inclusive com uso de 0,9% de calcário calcítico, Lanna & Boin (1990), obtiveram resultado positivo para ganho de peso com a inclusão de 1,1% de bicarbonato de sódio em dietas de BAH com feno de Rhodes ou bagaço in natura (BIN) como fonte de fibra íntegra (8% da MS). O melhor desempenho foi devido ao maior consumo, mas os dados de pH fecal e digestibilidade indicam que o efeito na alteração das condições do trato gastrointestinal podem ter sido importantes. Estes autores comentam que a maior parte da diferença ocorreu no primeiro terço do período experimental, sugerindo que uma estratégia de uso de tamponantes apenas na fase inicial poderia maximizar seu retorno econômico.

O óxido de magnésio tem sido usado como tamponante combinado com bicarbonato de sódio na proporção de 1:3, respectivamente, na proporção de 1,25% da MS. É importante, contudo, que o calcário seja de alta reatividade, isto é, moído extremamente fino. Esse tipo também é conhecido como calcário calcítico “filler”.

OUTROS ADITIVOS

Há uma série de compostos com propriedades em potencial para ser utilizados como aditivos na nutrição de ruminantes. O desafio da pesquisa nesta área está em distinguir os compostos que melhorem a fermentação ruminal (diminuição da produção de metano e amônia sem alterar a produção dos ácidos graxos de cadeia curta) e que mantenham os resultados obtidos *in vitro* quando realizados *in vivo*.

Extratos naturais de plantas

A busca crescente por produtos naturais, que não deixem resíduos, que não representem qualquer risco à saúde do consumidor ou ao meio ambiente, abre espaço para o estudo de novos aditivos. Dentre eles, podemos citar

os extratos naturais de plantas que possuem diversos compostos secundários, produzidos como mecanismo de defesa contra fungos, bactérias e insetos, com potencial para alterar a fermentação ruminal. Seus compostos são classificados de acordo com sua estrutura e propriedades químicas.

Taninos

Taninos são compostos polifenólicos com variados pesos moleculares. Podem ser encontrados na casca, folhas ou frutos de espécies vegetais, entre as quais: *Acacia mearnsii* De Wild. (acácia negra), *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), *Lithrala molleoides* (aroeira), *Psidium guayava Raddi* (goiabeira), entre outras (Silva, 1999). São classificados em taninos hidrolizáveis (poliésteres de ácido gálico e açúcar) que são solúveis em água e condensados (polímeros de flavonoides) que formam complexos com proteínas insolúveis em água.

Os principais efeitos dos taninos descritos são aumento da eficiência de síntese de proteína microbiana pela diminuição da digestão ruminal da proteína devido à formação de complexos com estes compostos, diminuição da reciclagem de N ruminal pela redução na população de protozoários no rúmen, além de efeito inibitório direto na população metanogênica reduzindo a produção de H₂ e, conseqüentemente, na produção de metano, ainda que esse efeito não tenha sido efetivamente aproveitado na prática, pois é comum que a redução do metano seja acompanhada por uma redução na fermentação ruminal.

Saponinas

Saponinas são glicosídeos de grande variedade estrutural presentes em espécies vegetais. Estão presentes na *Yucca schidigera*, planta da família Agavaceae que cresce em regiões desérticas e da *Quillaja saponaria*, originária do Chile.

Diversos trabalhos *in vitro* descrevem redução na população de protozoários por uma possível ação emulsificante nos lipídios da membrana celular protozoária causando mudanças em sua permeabilidade e a morte da célula (Reis et al., 2006).

Óleos essenciais

Óleos essenciais são substâncias lipofílicas, líquidas e voláteis presentes nos variados tecidos dos vegetais que lhes conferem proteção contra predadores, além de odor e cor. Podem ser obtidos por extração a vapor ou por solventes. Os terpenóides e fenilpropanóides são os principais grupos químicos onde os óleos essenciais estão incluídos. Alguns dos compostos já estudados são: alicina (alho – *Allium sativum*), timol (orégano – *Origanum vulgare* e tomilho – *Thymus vulgaris*), cinamaldeído (canela- *Cinnamomum cassia*), entre outros.

Sua ação antimicrobiana está relacionada com a interação com a camada lipídica bacteriana o que resulta em mudanças estruturais da membrana.

Esta mudança estrutural resulta em alteração no gradiente iônico, desviando grande parte da energia para estabilizar o gradiente, prejudicando assim o crescimento bacteriano. O baixo peso molecular destes compostos permite que atuem tanto em bactérias Gram-positivas como Gram-negativas (Calsamiglia et al., 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

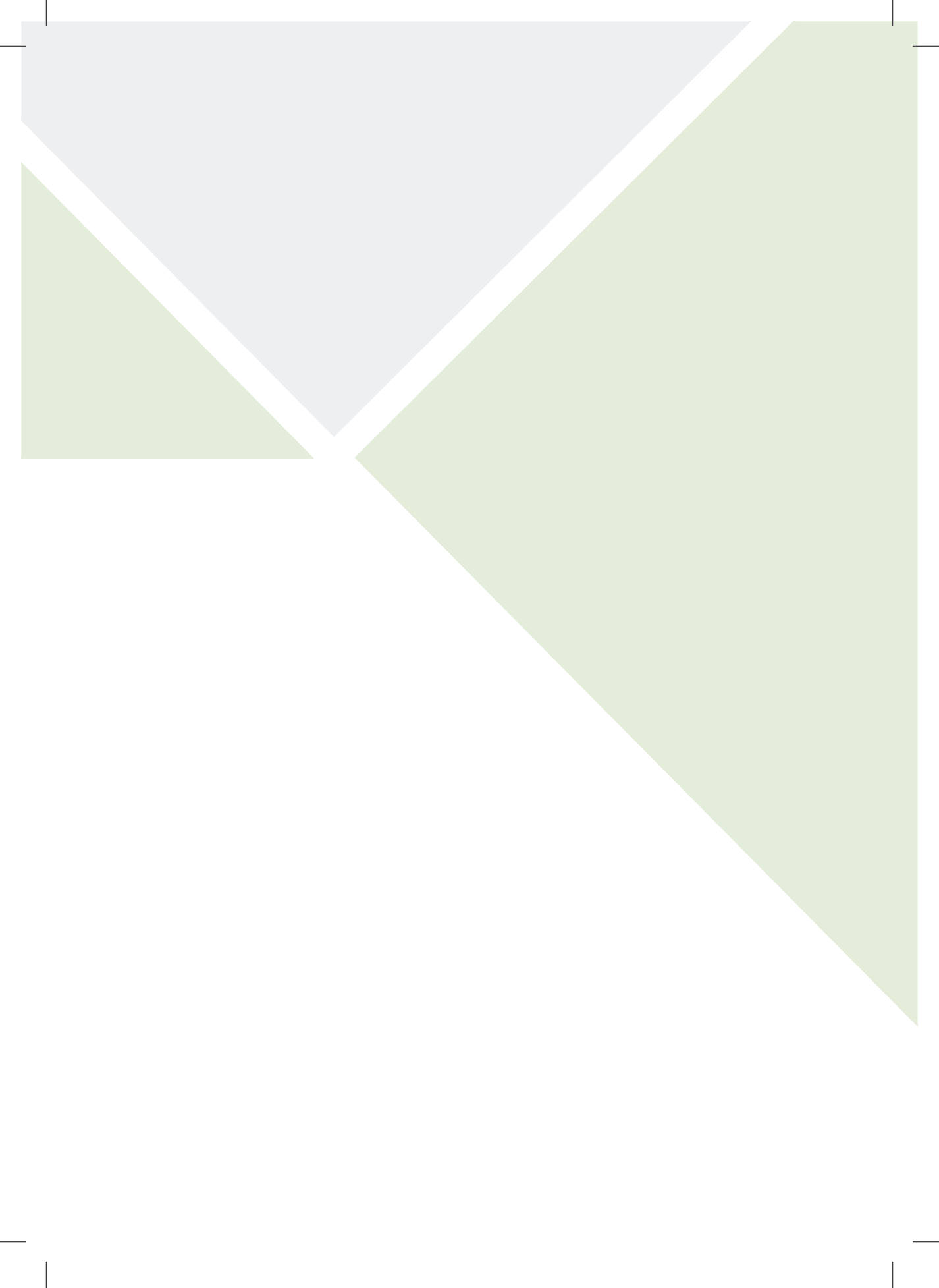
O uso de aditivos na nutrição de ruminantes no Brasil ainda é pequeno e, um dos maiores desafios do pecuarista, é selecionar aqueles que realmente funcionem. Muitos aditivos esperam ainda por serem melhor compreendidos, de maneira a serem usados no momento e na forma que realmente faça diferença. Assim, selecionar e usar seguindo as melhores recomendações técnicas constituem o protocolo mínimo para pensar em se usar aditivos.



CAPÍTULO

Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte

*Tiago Zanett Albertini
Sérgio Raposo de Medeiros
Rodrigo da Costa Gomes
Geovani Bertochi Feltrin*



EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Exigência nutricional é definida como a quantidade diária de um nutriente que o animal deve ingerir para alcançar determinado nível de produção.

O primeiro passo para oferecer uma correta nutrição para os bovinos é o conhecimento de suas exigências, pois a partir dela se determina a estratégia nutricional a ser adotada, desde a simples mineralização em pastagem até o confinamento. Posteriormente, com o conhecimento sobre as características dos alimentos disponíveis, o nutricionista é capaz de trabalhar cada estratégia nutricional visando suprir de forma econômica as necessidades apresentadas de acordo com os objetivos do sistema produtivo.

Um bovino tem exigências gerais diárias de água, energia, proteína, minerais e vitaminas. O bovino também possui exigências específicas de alguns nutrientes, tais como fibras, necessárias para o bom funcionamento do trato digestório. O nutricionista deve se atentar a esta exigência, mas na maioria das situações, ela é normalmente atendida. Ela é crítica, por exemplo, em confinamento com alta inclusão de concentrado.

A exigência de um animal varia em função de fatores como: peso vivo, categoria, estado fisiológico, uso de promotores de crescimento e fatores ambientais.

Em geral, as exigências de todos os nutrientes são tanto maiores quanto mais pesado for o animal. Isto quer dizer que para cada unidade de ganho de peso do animal em crescimento, há uma exigência diferente. Um exemplo é a exigência de proteína necessária para a manutenção do peso corporal do animal. Parte desta proteína é reciclada diariamente e, como bovinos com maior peso têm mais massa muscular, a reciclagem também é maior. Da mesma forma acontece para a energia necessária, por exemplo, para manter as funções vitais do organismo. Isto explica em grande parte o maior consumo de alimentos por animais mais pesados e, também, a maior necessidade de áreas de pastagens para animais adultos quando comparados a animais jovens em crescimento.

As exigências também variam em função da categoria do animal. Uma novilha e um garrote, de mesma idade e mesma raça, podem ter exigências diferentes de energia e proteína, por estarem em momentos diferentes de suas curvas de crescimento e, consequentemente, composições diferentes do acréscimo corporal em proteína e gordura. Isto explica, por exemplo, o ganho de peso de garrotes ser maior que o de novilhas nas mesmas condições de pastagens. Além disso, uma vaca em lactação possui exigências diferentes de uma vaca não lactante, já que a primeira necessita de nutrientes para atender à sua manutenção e, também, à lactação.

EXIGÊNCIA DE ÁGUA

Apesar de não poder ser considerado um nutriente, a água é essencial ao organismo e o animal possui uma exigência diária que deve ser atendida. Este atendimento ocorre pela ingestão de forragens úmidas, porém em quantidade muito menor que a demandada. Portanto, água fresca e de

boa qualidade deve estar disponível à vontade para o bovino. Quando se fala em qualidade, se leva em consideração a questão de contaminação microbiológica, química e física.

A quantidade de água que deve estar disponível varia em função do consumo de alimentos, da temperatura ambiente e da condição fisiológica do animal. Em geral, para bovinos de corte, considera-se uma exigência de 10 a 12 litros de água para cada 100 kg de peso vivo (PV). Conhecer as exigências de água é importante para o técnico/produtor poder planejar sua estrutura de bebedouros para fornecimento de água onde for necessário.

NÍVEIS DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

As exigências nutricionais em bovinos de corte são divididas basicamente em manutenção e produção.

A exigência de manutenção é basicamente uma função do PV do animal, da raça e do ambiente. Quanto maior o peso, maior a manutenção, como já comentado. Quanto à raça, diferenças na exigência de manutenção são bem visualizadas quando comparamos animais de origem zebuína e de origem taurina. Por exemplo, é comum relatos da necessidade de maiores áreas de pastagens para vacas cruzadas e isso é devido a:

- Maior exigência nutricional de animais taurinos quando comparados a zebuínos;
- Maior peso corporal das vacas cruzadas (na maioria das vezes).

Quanto ao ambiente, valores extremos de temperatura e umidade levam o animal a aumentar sua exigência de manutenção para realizar termorregulação. É importante levar isso em consideração ao se utilizar raças pouco adaptadas ao clima tropical em regiões de altas temperaturas e umidade. O ambiente interfere, também, no nível de atividade do animal, principalmente na locomoção para pastejo, busca de água e de suplementos. A importância de ponderar esta questão está no fato de que um maior nível de atividade aumenta as exigências de energia para manutenção, podendo afetar o desempenho animal.

A exigência de produção é dividida em: crescimento, gestação e lactação. Assume-se que, para manutenção, a energia seria usada com mesma eficiência, mas a energia metabolizável ingerida acima da exigência para manutenção, usada para produção, tem uma eficiência diferente para cada um desses fins. São, portanto, assim divididas para atender animais com diferentes objetivos de produção.

EXIGÊNCIA EM ENERGIA

No contexto de nutrição animal, utilizamos as unidades *quilocaloria* (kcal), que significa 1 mil calorias e *megacaloria* (Mcal), que significa 1 mil kcal, para normalmente expressar teores de energia de alimentos e rações (kcal/kg de alimento) e também as exigências de um animal (kcal/dia). A unidade mais usual, contudo, são os nutrientes digestíveis totais (NDT).

O NDT é mais facilmente determinado quando comparado a outras medidas de energia, tais como energia digestível, metabolizável ou líquida e, por isso, é a forma comumente adotada. Na prática, alimentos concentrados têm maiores teores de NDT, enquanto volumosos apresentam menores teores. Na terminação em confinamento, por exemplo, as dietas normalmente têm conteúdo de energia mais alto, com uma inclusão maior de grãos e coprodutos que tem maiores teores de NDT.

As concentrações de energia líquida de manutenção (Elm) de ingredientes, rações, forragens e suplementos são estimadas com base no NDT. Primeiro, o NDT é transformado em energia digestível (ED). O valor de ED, então, é transformado em energia metabolizável (EM). Por fim, a EM é a entrada de uma equação cúbica que gera a Elm. As fórmulas para as três transformações são mostradas abaixo:

- 1 kg de NDT = 4,409 Mcal de Energia Digestível (ED);
- 1 Mcal de ED = 0,82 Mcal de Energia Metabolizável (EM);
- 1 Mcal de Elm = $1,37 \cdot EM - 0,138 \cdot EM^2 + 0,0105 \cdot EM^3 - 1,12$

As exigências, em geral, são estimadas por fórmulas em Elm, como é o caso do manual americano de exigências (NRC, 2000), referência comumente utilizada no Brasil.

EXIGÊNCIA EM PROTEÍNA

Assim como para a energia, a exigência de proteína de manutenção é basicamente uma função do peso. Também, no estabelecimento das exigências do animal, se considera a manutenção do funcionamento do ambiente ruminal, de forma que se disponibilizem ao menos as quantidades mínimas necessárias para manter o processo fermentativo dos microrganismos ruminantes e, conseqüentemente, o processo de degradação ruminal do alimento ingerido. Novamente, isto tem destaque em condições de pastagem na época seca, justificando o uso de suplementos proteínados. Em condições de crescimento, o nível na dieta de proteína degradável no rúmen deve ser ajustado em função do seu teor de matéria orgânica fermentável de forma a maximizar a produção de proteína microbiana de alto valor biológico. Assim como para a energia, a exigência é uma função da curva de crescimento do animal e de sua maturidade. Por isso, as exigências de proteína para crescimento são específicas para raça, sexo (condição sexual) e idade.

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE MINERAIS

O bovino tem necessidades diárias de macro e microminerais, sendo hoje 14 os principais minerais considerados para a nutrição animal. Macrominerais exigidos incluem cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio, cloro e enxofre. Os microminerais exigidos são cobalto, cobre, ferro, iodo, manganês, selênio e zinco e, segundo alguns trabalhos, cromo, molibdênio e níquel. Os macrominerais estão presentes em maiores quantidades no organismo dos bovinos, por isso são exigidos em quantidades superiores em relação aos microminerais. Normalmente, as quantidades exigidas de

macrominerais variam de 0,1 a 1,0% (1 a 10 g/kg) da matéria seca, enquanto que um microelemento mineral é exigido a níveis inferiores de 0,1% da matéria seca da dieta.

Assim como proteína e energia, as exigências são basicamente uma função do peso vivo do animal e de seu nível de produção. Um importante conceito é a biodisponibilidade dos minerais, fator que afeta a utilização do mineral fornecido em função de sua fonte. Em geral, a biodisponibilidade é uma função da solubilidade da fonte, de forma que quanto mais solúvel a fonte, mais biodisponível ela é. Outro conceito é o da interação antagônica entre minerais, de forma que a biodisponibilidade de alguns minerais é diminuída na presença de outros. Um exemplo é a diminuição na biodisponibilidade de cobre em função da presença de molibdênio.

INGESTÃO DE ALIMENTOS

A ingestão de alimento pelo animal é fundamental para a nutrição, pois determina o nível de ingestão de nutrientes, o qual resultará na produção do animal (carne ou leite). Esta ingestão é regulada e limitada pelas exigências fisiológicas e metabólicas do animal, discutidas adiante.

Atenção deve ser dada às restrições na ingestão da quantidade e/ou na qualidade dos nutrientes os quais constituem o principal fator limitante da produção dos animais. Consumos menores do que os previstos têm efeito significativo sobre a eficiência de produção. Desta forma, o entendimento dos fatores que restringem o consumo de alimentos é de grande importância para auxiliar no estabelecimento de manejos que permitam superar tais limitações e melhorar a utilização dos alimentos.

Controle de ingestão de alimentos

Prever o consumo de alimentos e entender os fatores que o afetam é essencial para o nutricionista animal. Ao considerá-los podemos dividi-los em fatores de curto prazo e longo prazo.

Fatores de curto prazo são aqueles que afetam o comportamento ingestivo animal em um determinado momento, tal como o que o faz decidir por visitar o cocho de confinamento. Envolve uma série de processos biológicos, hormônios neurotransmissores e receptores que congregam uma rede de sinais. Por exemplo, sabe-se que uma dieta rica em proteína tem maior poder de saciamento, já que durante seu processo de digestão, ocorrem sinalizações ao cérebro que dizem quando o animal deve parar de comer. Os fatores de curto prazo normalmente explicam a atividade ingestiva de um animal ao longo do dia, o que o fez tomar a decisão de consumir alimentos e em que hora.

O fator de longo prazo diz respeito ao padrão de consumo geral de um animal, observado ao longo do tempo. Por exemplo, sabe-se que animais zebuínos ingerem menos alimentos que animais taurinos, o que está de acordo com sua menor exigência de manutenção, ou seja, o grupo genético é um fator de longo prazo que afeta o consumo.

Dois conceitos importantíssimos em nutrição animal são o controle quimiostático e o controle físico do consumo. Controle quimiostático é uma função da capacidade genética do animal no qual há sensação de saciedade quando se atinge o aporte máximo de energia, que representaria sua produção potencial dentro daquela determinada circunstância. O controle físico é uma função da repleção do rúmen, o chamado enchimento ruminal. O controle de consumo por enchimento ruminal acontece pelo acúmulo de material não digerido ou de baixa velocidade de digestão, levando a uma menor ingestão de alimentos, normalmente relacionada às dietas de forragem de baixa qualidade, como um pasto seco.

Outro fator importante afetando o consumo de alimentos, neste caso de animais em pastagens tropicais, é a estrutura do dossel das plantas, o qual pode facilitar ou dificultar a colheita de forragem pelo animal, afetando assim seu consumo. De forma geral, quanto maior for a densidade de folhas no espaço, mais fácil é para o animal consumir. A ideia centra-se no fato do animal ter um determinado tamanho de bocado e a capacidade limitada a um determinado número de bocados por dia, assim, quanto mais alimento ele apanhar em cada bocado, maiores serão as chances dele ingerir mais forragem.

A importância de se conhecer os fatores que influenciam o consumo de alimentos e estimar o consumo de um animal é fundamental no planejamento do manejo nutricional, principalmente na formulação de dietas para confinamento. A estimativa de consumo é o espaço restrito que irá determinar quais são as porcentagens de cada um dos ingredientes que comporão a dieta para que ela atenda as restrições nutricionais que permitam o atendimento dos objetivos a que ela se destina.

Fórmulas para estimação de ingestão de bovinos de corte

Duas das principais fórmulas para estimação do consumo de alimentos utilizadas no Brasil levam em consideração o peso vivo do animal e o teor de energia líquida da dieta, sendo elas as descritas pelo NRC (2000) e por Almeida (2005):

- $CMS \text{ (NRC, 2000)} = (\text{Peso vivo}^{0,75} \cdot (0,2435 \cdot ELM - 0,0466 \cdot ELM^2 - 0,1128)) / ELM$
- $CMS \text{ (Almeida, 2005)} = (\text{Peso vivo}^{0,75} \cdot (0,2039 \cdot ELM - 0,03844 \cdot ELM^2 - 0,07376)) / ELM$

Onde: CMS = consumo de matéria seca em kg/dia e ELM = energia líquida de manutenção da dieta, em Mcal/kg MS. A ELM pode ser obtida a partir do NDT, como visto anteriormente.

As estimativas de consumo dadas pelas fórmulas apresentadas são em base seca. Muita atenção deve ser dada à forma com que o consumo é apresentado.

É comum descrever a oferta e o consumo de determinado alimento tendo como base o peso vivo. Por exemplo, se um animal pesa 500 kg e seu consumo é de 10 kg de MS/dia, o consumo em base do peso vivo é igual a 2,00% do PV (10 kg de MS/500 kg × 100).

CRESCIMENTO ANIMAL

O crescimento pode ser definido como o aumento em tamanho e peso, pelo acúmulo de tecidos e de componentes químicos, em função do tempo. O acúmulo de gordura, proteína, água e cinzas ocorre na forma principalmente de tecido adiposo, muscular e ósseo, o que é refletido no aumento de peso e tamanho.

O crescimento animal deve ser pensado desde a gestação e, por isso, é dividido em duas fases: crescimento pré-natal e crescimento pós-natal. Apesar da intervenção do nutricionista ocorrer principalmente na fase pós-natal, o planejamento nutricional voltado para a vaca de cria influencia no desenvolvimento pré-natal de sua cria.

Neste período, compreendendo a fase embrionária e fetal, o crescimento ocorre pelo processo chamado de hiperplasia, que é o aumento no número de células. A maior parte do desenvolvimento do feto ocorre principalmente após os 180 dias de gestação, quando há um crescimento exponencial do feto até o seu nascimento.

Dados recentes sugerem que a restrição alimentar da vaca durante a gestação leva à produção de bezerros com desempenho inferior em sua vida, demonstrando a importância do processo de crescimento nesta fase. Portanto, a manutenção do escore corporal da vaca é fato importante para o bom desempenho das progênies.

Recomenda-se que, para um sistema de escore de 1 (extremamente magra) a 9 (extremamente gorda), a parição ocorra com escores entre 4 e 6. Para um esquema de estação de monta de três meses, entre novembro e janeiro, para parição entre julho e setembro, destaca-se a importância do planejamento nutricional de rebanhos de vacas prenhes ao longo da estação seca, na pecuária desenvolvida no Brasil Central. Outro ponto importante, relacionado ao desenvolvimento pré-natal, é que fêmeas de idade muito avançada tendem a ter crias de menor peso, evidenciando a importância de um planejamento do rebanho que permita constante reposição de animais velhos.

Ao contrário da gestação, o período após o nascimento do animal se caracteriza pelo crescimento por meio de um processo chamado hipertrofia. Diferentemente da hiperplasia, as células apenas aumentam de tamanho e não há aumento no número de células no organismo. Por exemplo, as células adiposas apenas aumentam de volume, por meio do acréscimo de lipídios. Este processo caracteriza o crescimento pós-natal que vai do nascimento até a fase adulta, período no qual o nutricionista de bovinos de corte mais atua, ao cuidar de animais de produção que estão em crescimento. Na fase pré-desmama, o crescimento do animal depende majoritariamente do leite que recebe da mãe. Aproximadamente dois terços de toda a energia que um bezerro ingere de seu nascimento até a desmama provém do leite materno. Vacas de corte destinam aproximadamente um terço da energia metabolizável ingerida para secreção do leite, que varia em função de diversos fatores como: raça da vaca, raça e sexo do bezerro, status nutricional e outros.

O crescimento ocorre basicamente pelo desenvolvimento de três tecidos: muscular, adiposo e ósseo. O tecido muscular é obviamente o mais importante para a produção de carne bovina, representando de 30 a 40%

da massa corporal total. Olhando para sua composição química, observa-se que ao nascimento o animal possui uma alta proporção de água que diminui ao longo da vida, sendo boa parte substituída por gordura. Um novilho gordo no Brasil apresenta aproximadamente a seguinte composição: água (50%), proteína (17%), gordura (28%) e minerais (5%)

É válido comentar que as proteínas musculares sofrem constantemente um processo de reciclagem, chamada reciclagem proteica. Neste processo, as proteínas são degradadas e sintetizadas constantemente e o acréscimo proteico que ocorre é exatamente o balanço positivo entre proteínas sintetizadas e proteínas degradadas. O processo de síntese proteica é muito custoso energeticamente. Este gasto energético é computado como um custo para o animal e está contemplado na sua exigência de energia de manutenção. Para exemplificar, no processo de reciclagem proteica, um bovino chega a perder 64% de energia na forma de calor.

Ainda neste contexto, vale ressaltar que as maiores perdas de energia do alimento ingerido pelo animal ocorrem na produção de calor ou energia destinada à manutenção (metabolismo basal, atividade voluntária, digestão e absorção, calor de fermentação, excreção e regulação térmica). Por exemplo, uma vaca de corte adulta não gestante em lactação a pasto chega a perder 64 a 69% da energia ingerida na forma de calor.

Um ponto de grande destaque na partição de energia é também o efeito de diluição de manutenção. Aumentando a ingestão de energia de alimento pelo animal, após o atendimento das exigências de manutenção, a energia começa a ser depositada, por exemplo, como carne. Esta energia, também conhecida como energia retida começa a ser proporcionalmente maior que a energia de manutenção, que vai sendo diluída. Este efeito é chamado de “efeito de diluição de manutenção”. Um novilho em confinamento, por exemplo, chega a consumir duas vezes acima de sua manutenção. O entendimento do efeito de diluição de manutenção e composição química do ganho são chaves para a melhoria da eficiência alimentar em animais de produção.

O crescimento do tecido adiposo ocorre também por hiperplasia. Neste caso, ácidos graxos vindos da dieta ou produzidos pelo próprio animal são depositados nas células de gordura que aumentam de volume gradativamente. O tecido adiposo funciona principalmente como uma reserva de energia para o animal, mas tem também importante função hormonal. Igualmente importante é o fato da presença de gordura na carne ser relacionada com sua qualidade.

Apesar de presente em praticamente todo o corpo, considera-se que existem quatro depósitos principais de gordura, sendo:

- Visceral;
- Intermuscular;
- Subcutâneo;
- Intramuscular.

De uma forma geral, a distribuição da gordura na carcaça de um bovino ao abate é localizada da seguinte forma: subcutânea (30%), intermuscular (42%), intramuscular (15%) e pélvica (13%). No caso da gordura visceral, os depósitos de gordura são concentrados sobre o coração (gordura cardíaca), sobre o trato digestório superior (gordura omental) e inferior (gordura

mesentérica), e nas regiões perirenal (gordura renal) e pélvica (gordura pélvica). A gordura visceral é considerada uma importante reserva de energia, porém pode significar perdas em eficiência já que representa uma parte importante da energia ingerida e que não será utilizada para a produção de carne, sendo um subproduto dos animais de abate. A gordura intermuscular, como a própria definição sugere, é presente entre os músculos. Já os outros dois depósitos podem ter grande importância na produção de carne bovina de qualidade, dependendo do contexto.

O peso do animal ao abate, desconsiderando o conteúdo do trato gastrointestinal e bexiga, é chamado peso do corpo vazio (PVz). A gordura renal-inguinal-pélvica merece destaque, pois representa em torno de 2% do PVz em um animal gordo ao abate (8 a 9 kg de gordura em um animal com 490 kg ao abate) e tende a ser a característica mais correlacionada com o teor de gordura total do corpo do animal.

A gordura intramuscular é bastante valorizada em diversos países, inclusive no mercado brasileiro, e o chamado marmoreio resulta em cortes cárneos de alto valor agregado. Sua deposição é fortemente dependente da genética e da nutrição, havendo atualmente poucas raças com potencial para deposição de marmoreio em grandes níveis. Em termos de nutrição, uma particularidade bioquímica das células gordurosas intramusculares é a priorização da glicose como substrato para síntese de ácidos graxos, enquanto que nos outros depósitos as células utilizam principalmente acetato. Assim, quando o sistema produtivo visa a produção de carne marmorizada, a maximização da produção de glicose sanguínea, a partir principalmente de uma fermentação ruminal dirigida à maior produção de propionato, seria mais desejável. Para isso, o uso de dieta mais ricas em amido de alta digestibilidade é bastante favorável.

A gordura subcutânea apresenta grande relevância no contexto produtivo do Brasil. O chamado acabamento de carcaça tem se tornado cada vez mais um requisito de qualidade do animal abatido, sendo, portanto buscado pela indústria frigorífica e também por produtores. O depósito de gordura subcutâneo recobre e protege a carcaça contra os efeitos do resfriamento na câmara frigorífica, evitando assim, perdas de qualidade com endurecimento e escurecimento da carne. A gordura subcutânea também está positivamente relacionada com o nível de gordura intermuscular que facilita a desossa dando eficiência ao processamento da carcaça pela indústria. A chamada precocidade de acabamento é a capacidade de o animal depositar gordura subcutânea em idades e pesos menores e tem sido inclusive objeto de seleção genética atualmente.

Um dos mais importantes conceitos em crescimento animal e que está diretamente relacionado com exigências nutricionais, taxa de crescimento e eficiência alimentar é o balanço entre proteína e gordura no ganho corporal. A proporção de proteína e gordura no ganho influenciará diretamente a eficiência com que a energia ingerida será utilizada para ganho de peso, devido às diferenças na composição química e na eficiência do uso de energia entre os tecidos muscular e adiposo.

Para melhor entender, no crescimento muscular, mais de 75% da composição desse tecido é água. Opostamente, o tecido adiposo apresenta pouquíssima água e mais de 90% de sua composição é de gordura. Apenas

o fato de a água não possuir energia, já ajuda a demonstrar que a quantidade de energia para a deposição de um grama de tecido muscular é muito menor que a quantidade necessária para a deposição de um grama de tecido adiposo. Além disso, a quantidade de energia presente em um grama de gordura é 1,7 vezes maior que a quantidade de energia em um grama de proteína, de forma que mais energia é necessária para o acréscimo da gordura. Para completar, como já relatado, a reciclagem de proteínas que ocorre nos músculos faz com que o gasto de energia para acrescentar um grama de proteína no tecido muscular seja ainda maior quando comparado ao acréscimo de tecido adiposo, pois a eficiência energética do segundo também é quase duas vezes maior que a do primeiro.

O resultado prático destes cálculos, diretamente relacionados à composição química do ganho de peso dos animais, é que a exigência de ingestão de energia para o crescimento de tecido adiposo é aproximadamente quatro vezes maior que a exigência de ingestão de energia para a deposição de tecido muscular. Assim, quanto maior a proporção de gordura no ganho de peso, menor a eficiência de transformação do alimento ingerido em peso corporal, ou, em outras palavras, pior a conversão alimentar. Obviamente, o contrário é verdadeiro e explica, por exemplo, porque animais inteiros apresentam, na maioria das vezes, maior ganho de peso e melhor conversão alimentar. Ao conhecer o conceito relatado acima, fica mais fácil compreender a forma com que fatores como nutrição, genética e castração influenciam o desempenho animal e a qualidade da carcaça.

As principais diferenças nas taxas de crescimento, eficiência alimentar e características de carcaça entre animais de diferentes condições sexuais (machos castrados e não castrados e/ou fêmeas) e diferentes raças, avaliados em uma mesma idade ou peso, são explicadas basicamente pela fase onde se encontram em sua curva de crescimento e por diferenças no peso adulto. Estas variáveis definem majoritariamente a proporção em músculo e gordura do ganho de peso, sendo favorável à gordura quanto mais próxima está da maturidade.

A maturidade pode ser entendida quando o conteúdo do PVz aumenta pouco na concentração de proteína e substancialmente em gordura. Contudo, a maturidade é variável (dentro e entre raças, e principalmente em função do sexo dos animais) que pode ser mais ou menos tardia. De uma forma geral, fêmeas são mais precoces, seguidas por machos castrados, seguidos por machos não-castrados que são os mais tardios.

Crescimento compensatório

Nas épocas do ano com maior escassez de alimentos os bovinos ganham muito pouco ou perdem peso. Neste processo, modificações fisiológicas ocorrem no animal com o objetivo de diminuir o seu gasto energético na tentativa de manter sua condição corporal. Dentre os processos, está a diminuição no tamanho e peso das vísceras e diminuição na taxa de reciclagem das proteínas corporais. Ao passar a fase de escassez e retomar níveis de ingestão de nutrientes que permitem ganhar peso, os animais apresentam ganhos de peso bastante expressivos, maiores que os esperados para o nível de ingestão obtido, idade e peso que possuem.

Este incremento na taxa de ganho de peso após a realimentação é chamado de ganho compensatório, característica bastante explorada por produtores na engorda de bovinos de corte no Brasil. Quando em confinamento, observa-se que animais em crescimento compensatório apresentam melhor conversão alimentar e maior ganho de peso, motivo pelo qual produtores consideram que seja um processo lucrativo. Todavia, é necessário que se reconheça que os rendimentos de carcaça de animais com ganho compensatório costumam ser menores, pois parte do ganho é em vísceras.

Animais que expressam ganho compensatório logo na realimentação apresentam menor exigência de manutenção, maiores exigências de proteína e maior ingestão de alimentos. Estes fatores devem ser contemplados no ajuste de dietas e suplementos formulados para animais com ganho compensatório. Acontece que mesmo que o ganho compensatório aconteça, nenhum animal que tenha passado por restrição alimentar consegue atingir o peso em determinada idade que seria possível caso não passasse por restrição, ou seja, raramente a compensação é completa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

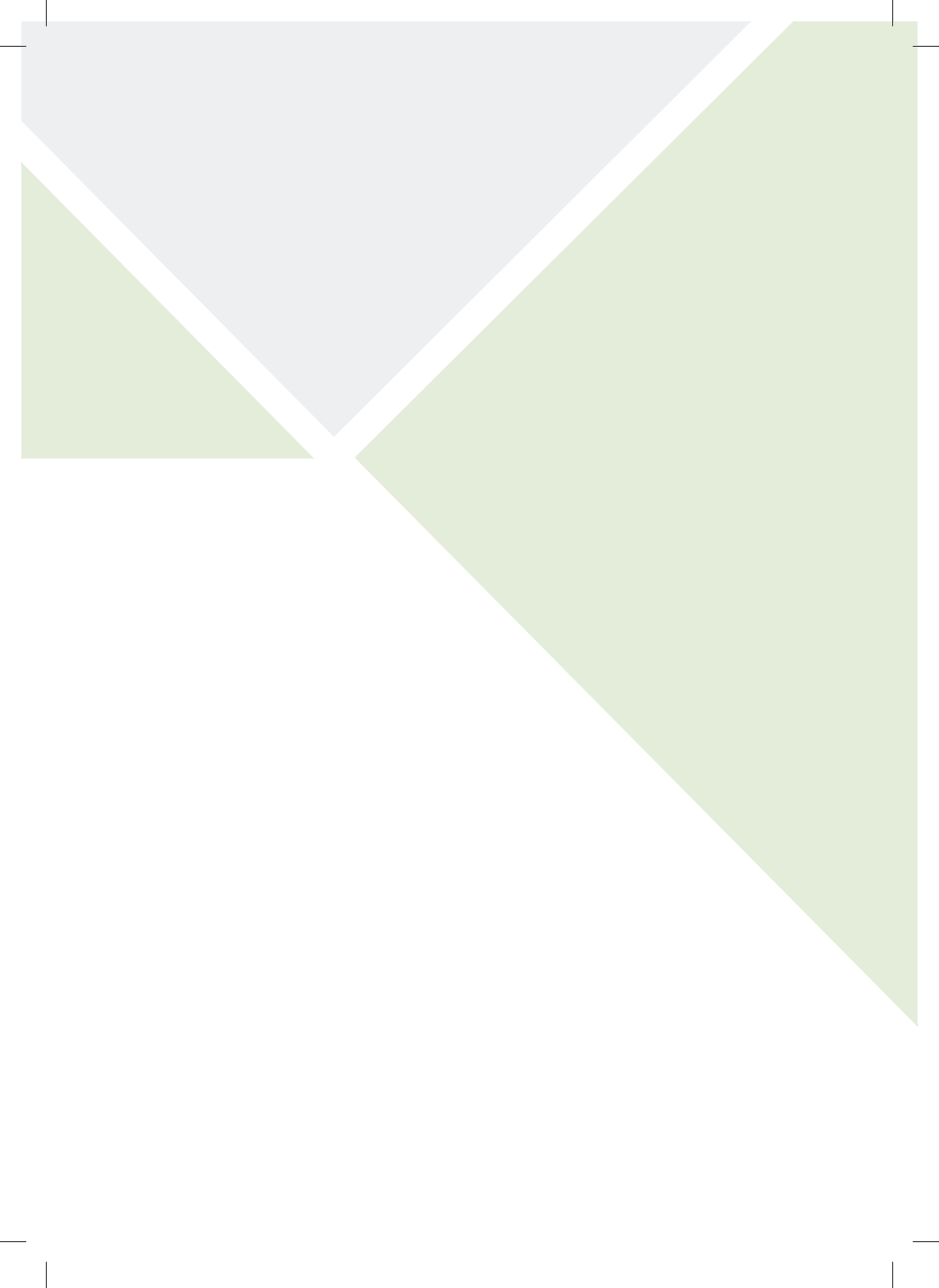
Apesar das condições variáveis de produção encontradas no Brasil, a compreensão dos aspectos abordados neste capítulo contribui para o estabelecimento de estratégias nutricionais mais eficientes para cada situação, já que estimar as exigências nutricionais e o consumo de alimento representa o primeiro passo para a definição do balanço de nutrientes e, consequentemente, da alimentação do rebanho.



CAPÍTULO

Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento

*Rodrigo da Costa Gomes
Amoracyr José Costa Nuñez
Carolina Tobias Marino
Sérgio Raposo de Medeiros*



INTRODUÇÃO

As práticas nutricionais adotadas na bovinocultura de corte brasileira são bastante variáveis em função das condições especialmente de solo e clima dos biomas em que a atividade é desenvolvida. As informações aqui apresentadas referem-se basicamente ao Brasil Central, com Cerrado como bioma predominante, porém outras regiões, com condições semelhantes, podem também fazer bom uso dessas informações.

O que há em comum entre as diversas regiões brasileiras é que mais de 95% do rebanho está em condições de pastagens, sendo o confinamento utilizado para a terminação de uma parcela menor do rebanho. Desta forma, é importante explorar as práticas relativas tanto à suplementação a pasto, que inclui o semiconfinamento, quanto o confinamento.

SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

O fornecimento de minerais para bovinos de corte, a pasto ou estabulados é uma das práticas nutricionais mais importantes na atividade. A importância desta prática se deve ao fato dos minerais terem várias funções no organismo e participarem diretamente no crescimento animal. Por exemplo, o conteúdo mineral do osso bovino compreende cerca de 40% do seu peso, com importantes participações de elementos como Ca, Mg e P. Mesmo no músculo, composto em grande parte por água e proteína, temos elementos como K, Na, Fe, Zn, Ca e Mg. Hormônios, fluídos intra e extracelulares e enzimas, peças importantes para o bom funcionamento do metabolismo, podem ter em sua composição elementos minerais.

Em contrapartida, temos um cenário onde a maioria das pastagens brasileiras são pobres em algum elemento mineral. Em levantamento realizado por pesquisadores da Embrapa Gado de Corte, as concentrações em pastagens de importantes minerais como Na, Zn, Cu e P estiveram abaixo do necessário para cumprimento dos requerimentos nutricionais de um bovino em mais de 70% das amostras coletadas. Este fato, aliado à importância no crescimento e produtividade animal, justificam a suplementação mineral nas condições brasileiras de produção.

A SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA DE BOVINOS EM PASTAGENS

A suplementação alimentar tem grande impacto na sustentabilidade de sistemas de produção de bovinos de corte, especialmente no Brasil Central Pecuário. Isto se deve a uma marcante sazonalidade na produção forrageira nessa região, com forte redução do crescimento das plantas na estação seca. Obviamente, o fator de crescimento mais limitante é a água, mas o fotoperíodo mais curto e temperaturas mais baixas também limitam a disponibilidade forrageira das pastagens. Agravando o problema da menor disponibilidade de pastagem, está o fato de que as forrageiras apresentam qualidade nutricional mais baixa, especialmente pelo envelhecimento dos

tecidos vegetais, consequência da redução de conteúdo celular e lignificação. Mesmo para baixas taxas de lotação, a combinação de menor oferta e qualidade da forragem resulta em perda de peso dos animais ou taxas de ganho muito baixas.

A suplementação estratégica, principalmente na seca e quando corretamente realizada, faz com que a perda de peso seja revertida para ganhos moderados ou, pelo menos, que haja a manutenção de peso dos animais. Quando as condições estão favoráveis, especialmente as econômicas, o uso de suplementações mais intensas, visando maiores ganhos de peso, pode ser interessante, dependendo dos objetivos do produtor. Os fatores que mais influenciam nesta decisão são, usualmente, o preço de venda dos animais, o preço dos grãos e a disponibilidade de forragem.

A suplementação de bovinos de corte em pastagens tem alguns aspectos básicos que devem ser considerados para melhorar a eficiência de sua utilização dentro do sistema produtivo:

1. A suplementação pode ser feita em qualquer época do ano, mas a melhor resposta é a da suplementação estratégica na seca, pois ela corrige a limitação primária de proteína das pastagens e permite que o animal aumente o consumo da forrageira de baixa qualidade. O maior consumo e o melhor aproveitamento dos nutrientes da forragem levam a incrementos em vários índices zootécnicos, especialmente ganho de peso e taxas de concepção.
2. É fundamental que haja boa massa de forragem para que a suplementação na seca tenha o efeito positivo desejado. Por isso, recomenda-se o diferimento (também chamado de vedação) das pastagens antes do período seco para maximizar o acúmulo de forragem. Entende-se por diferimento, a retirada de animais de uma área para permitir o crescimento livre e o acúmulo de capim. Recomenda-se, no geral, que a pastagem tenha entre 4 a 6 toneladas de matéria seca por hectare no início da estação seca. No caso do Brasil Central, onde a estação seca vai de maio a setembro, uma opção é vedar um terço das pastagens em fevereiro e dois terços em março para serem usadas, entre junho-julho e agosto-setembro, respectivamente, de forma que haja massa de forragem suficiente para os animais em suplementação ao longo de todo o período seco.
3. É muito importante dar conforto aos animais. No caso da suplementação, é fundamental observar-se a oferta de espaço de cocho, ou seja, quantos centímetros lineares estão disponíveis por cabeça. Além de se evitar estresse por competição, a facilidade de acesso ao cocho para todos os animais tem efeito positivo no consumo do suplemento e, particularmente, na uniformização do consumo pelo lote, melhorando o desempenho final do mesmo.
4. Os desempenhos, em termos de ganho de peso, para cada fase de vida do animal (primeira estação de águas, primeira estação seca, segunda estação de águas, segunda estação seca e assim por diante) devem ser preferencialmente crescentes.
5. Os níveis de inclusão ou quantidade de suplemento por cabeça, podem ser variados e a escolha deve ser baseada nos custos do suplemento e da arroba, bem como dos objetivos do produtor.

6. A eficiência do suplemento diminui à medida que se aumenta a quantidade que é fornecida para o animal. Isso quer dizer que o segundo quilo de suplemento não proporciona o ganho de peso que o primeiro quilo proporcionou. Por exemplo, se 1 kg de suplemento proporcionou 300 g/dia de ganho de peso, o fornecimento de 2 kg de suplemento muito provavelmente não irá resultar em um ganho de 600 g/dia. Seja qual for a opção do produtor, é importante que ele tenha consciência dessas informações e sempre observe a relação custo-benefício da suplementação.

PRINCIPAIS FORMAS DE SUPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO SECO

A seguir estão apresentados os parâmetros básicos das principais formas de suplementação de bovinos na seca, que são: o *sal mineral com ureia*, o *proteinado ou mistura múltipla* e a *ração de semiconfinamento*. Todas elas podem ser usadas em sistemas de produção convencionais ou integrados e em todos os casos recomenda-se que a lotação da pastagem seja próxima de 1 unidade animal (UA)/ha. Lotações maiores somente são recomendáveis quando há alta disponibilidade de forragem nas pastagens.

Sal mineral com ureia

O sal mineral com ureia é a alternativa de suplementação de menor investimento na seca. O objetivo é a manutenção de peso dos animais no período. É necessário que haja boa disponibilidade de forragem, ainda que de baixa qualidade. O consumo recomendado é de aproximadamente 100 g/UA, sendo cerca de 30% dessa quantidade de ureia. O espaço linear de cocho recomendado é de, no mínimo, seis centímetros por animal.

A utilização inadequada de ureia causa intoxicação, podendo levar o animal à morte. Portanto, não se deve fornecer ureia para animais em jejum e/ou muito magros.

É imprescindível a realização de adaptação dos bovinos ao consumo de ureia. Para isso, uma sugestão prática e bastante segura é fazê-la como mostrado no Quadro 9.1.

QUADRO 9.1. Exemplo prático de estratégia de mistura de sal mineral com ureia para adaptação de bovinos ao suplemento

PERÍODO	SAL MINERAL CONVENCIONAL	SAL MINERAL COM UREIA
Primeira semana	2 sacos	1 saco
Segunda semana	1 saco	1 saco
Terceira semana em diante	Apenas sal mineral com ureia	

QUADRO 9.2. *Exemplos de formulações de sal mineral com ureia, tendo como base o sal mineral tradicional*

INGREDIENTE	FORMULAÇÃO 1	FORMULAÇÃO 2
Sulfato de Amônio (%)	3	-
Flor de Enxofre (%)	-	1
Ureia (%)	30	30
Sal Mineral (%)	67	69
Total	100	100

Para melhor aproveitamento, a ureia deve ser associada a uma fonte de enxofre, de maneira que seja atendida a relação de 10 a 15 partes de nitrogênio para 1 parte de enxofre. De forma prática, para cada 100 kg de ureia pode-se adicionar 4 kg de flor de enxofre ou 15 kg de sulfato de amônia. No Quadro 9.2, são apresentadas duas formulações de sal mineral com ureia, sendo uma com o sulfato de amônia e outra com flor de enxofre.

Os principais cuidados no fornecimento da ureia, além da adaptação dos animais, são:

1. Não utilizar em pastos com baixa disponibilidade de forragem, mas priorizar os de alta disponibilidade e baixo valor nutritivo, como as pastagens vedadas;
2. Misturar bem a ureia no sal mineral e fornecer continuamente;
3. Fornecer a mistura, de preferência, em cochos cobertos;
4. Os cochos devem estar assentados em desnível e serem furados, para drenar eventual água de chuva. Dessa forma evita-se o acúmulo de água e o risco de intoxicação pela ingestão excessiva da ureia solubilizada.

Em caso de eventual intoxicação com ureia, existe tratamento eficaz se o problema for diagnosticado a tempo. O antídoto mais comum é o vinagre ou solução de ácido acético a 5%. Por ser um procedimento terapêutico, deve ser conduzido por profissional habilitado. Todavia, o tratamento só será possível se aplicado logo que surgirem os primeiros sintomas, o que normalmente é difícil de ser observado. Em função da dificuldade operacional e do pequeno espaço de tempo entre os sintomas e a morte do animal, é fundamental focar o máximo empenho nas medidas preventivas acima listadas, que são bastante eficazes.

Mistura múltipla ou sal proteinado

A mistura múltipla, mais conhecida como proteinado, é a alternativa de suplementação que costuma ter a melhor relação custo-benefício. Em pastagens com boa disponibilidade forrageira e lotação de 1 UA/ha, possibilita ganhos de peso em torno de 200 a 400 g/cabeça/dia.

O proteinado tem maior custo que o sal com ureia, porém como também é fornecido em baixa quantidade por animal (1 a 2 g/kg de PV), essa suplementação torna-se mais facilmente viável do ponto de vista econômico. O espaço linear de cocho recomendado para o fornecimento do proteinado é de 12 a 15 cm por animal.

O abastecimento do cocho com o proteinado deve ser realizado com a maior frequência possível, dentro das possibilidades de cada estabelecimento. A frequência ideal é determinada por circunstâncias locais, como custo e disponibilidade de mão-de-obra, distância dos pastos e padrão de consumo dos animais. Todavia, não se recomenda intervalos maiores que uma semana para o abastecimento dos cochos. De fato, um dos maiores desafios do uso do proteinado é garantir que o consumo fique próximo ao planejado. Algumas vezes ocorre que o mesmo proteinado sendo oferecido na mesma fazenda, em pastos similares e para lotes similares, apresente variações de consumo. Por isso, monitorar o consumo é altamente recomendável, tanto para determinar a frequência de abastecimento dos cochos, de forma a atingir o consumo planejado, quanto para se saber exatamente o custo financeiro da suplementação.

Quando o consumo do proteinado estiver baixo, a melhor opção é a redução dos teores de cloreto de sódio (sal comum ou sal branco) da mistura. Não sendo isso possível, como no caso de produtos comerciais já misturados, pode-se tentar o aumento de disponibilidade de cocho ou diluir a mistura com milho moído ou outro ingrediente a base de grãos. Todavia, essa última opção pode ter resultados de aumento de consumo bastante variáveis. Por isso, a inclusão deve ser feita gradativamente e em pequenas quantidades (2 a 3% da mistura, por exemplo) e o monitoramento do consumo e do comportamento dos animais deve ser intensificado.

No caso de consumo acima do desejado, pode-se aumentar o cloreto de sódio na mistura. Caso isso seja inviável ou o consumo ainda permaneça acima do desejado mesmo com o aumento do teor de cloreto de sódio, uma alternativa é fornecer a quantidade cujo consumo médio atenda a meta, mesmo que os animais consumam tudo antes do final do período previsto. Por exemplo, colocamos a quantidade prevista para o lote consumir em três dias e, mesmo que haja consumo total do produto em apenas dois dias, voltamos a colocar a mesma quantidade apenas no quarto dia. Existem indicações de que esse dia que o animal fica sem consumir não afeta substancialmente o benefício da suplementação. Evidentemente, essa é uma estratégia extrema e deve ser usada apenas quando outras ações não derem resultado. Neste caso, é também vital assegurar espaço no cocho de ao menos 12 cm lineares para cada animal. Outro ponto muito importante é que não se deve deixar de fornecer o suplemento por períodos maiores que um dia, sendo esta recomendação ainda mais crítica se estiver sendo usando algum aditivo alimentar misturado ao proteinado.

No Quadro 9.3 estão apresentados dois exemplos de formulação de proteinado para consumo mínimo de 1 g/kg de PV e 2 g/kg de PV. Em função da variação nesse consumo, recomenda-se a meta de consumo entre 1 a 2 g/kg de PV para o primeiro e 2 a 3 g/kg de PV para o segundo.

QUADRO 9.3. Exemplos de formulações de misturas múltiplas (proteínados) que podem ser produzidas no próprio estabelecimento rural

INGREDIENTE (%)	CONSUMO DE 1 A 2 g/kg PV/ANIMAL	CONSUMO DE 2 A 3 g/kg PV/ANIMAL
Milho, triturado	20	30
Farelo de Soja	30	25
Sal Mineral	20	20
Sal Comum (Cloreto de sódio)	17	20
Ureia	12	4
Sulfato de Amônio	1	1
Total	100	100

PV: Peso Vivo

Semiconfinamento de bovinos de corte

O semiconfinamento é uma alternativa para intensificar a terminação de bovinos de corte a pasto. Considerado um meio termo entre o confinamento e a suplementação estratégica, esta prática tem se tornado cada vez mais comum pela menor necessidade de infraestrutura, quando comparada ao primeiro e por melhores desempenhos zootécnicos, quando comparada ao último. Dá flexibilidade ao produtor na tomada de decisão em realizá-lo ou não, já que a maioria dos custos é relativa à aquisição de concentrados e não demanda ações para a produção de alimento volumoso com exceção do pasto.

Disponibilidade de massa de foragem

No semiconfinamento, o pasto faz o papel do volumoso do confinamento e, por isso, deve estar disponível com abundância para o animal. Porém, por ser realizado na época seca, quando há pouco crescimento forrageiro, é necessário que seja feito o acúmulo prévio de forragem, por meio do diferimento da pastagem.

No semiconfinamento tradicional, o diferimento deve permitir o acúmulo de uma massa de 4 a 6 toneladas de matéria seca. Com esta massa, o período de semiconfinamento deve ser de aproximadamente 60 dias, já que o consumo pelos animais e o fraco crescimento forrageiro faz com que a pastagem perca boa parte de suas folhas e de seu valor nutritivo ao longo do tempo. Para esta situação, recomenda-se lotação entre 1 e 2 UA/ha ao início do semiconfinamento. Caso um período maior de semiconfinamento seja necessário, recomenda-se, ao final do primeiro período de 60 dias, mudar os animais para outro pasto, também diferido.

Diferimentos por períodos maiores e o uso de adubação nitrogenada no diferimento podem levar a acúmulos maiores de massa de forragem,

chegando a 8 toneladas de matéria seca por hectare. Nestas situações, tem sido relatados períodos maiores de permanência dos animais em semiconfinamento, permitindo a terminação de animais mais leves (exemplo: 360 kg) ou com peso ao abate mais elevado (exemplo: acima de 520 kg).

Características dos animais terminados em semiconfinamento

Devido à restrição de tempo no semiconfinamento, visto o pasto ser utilizado como fonte finita de volumoso, recomenda-se que os animais submetidos a este regime estejam bem próximos ao seu ponto de abate. Por exemplo, se é esperado ganho de peso diário de 1 kg/dia e almejado peso ao abate de 460 kg, o animal deve estar com 400 kg no início do semiconfinamento, seguindo-se a recomendação de 60 dias. Novilhas e vacas com peso em torno de 320 kg também podem ser terminadas em semiconfinamento com alguma facilidade, por necessitarem de cerca de 50 a 70 kg para atingirem peso e acabamento adequados.

Como já citado, pastos diferidos com massas em torno de 8 toneladas de matéria seca são capazes de suportar períodos maiores de semiconfinamento (em torno de 80 dias) em lotações mais baixas (entre 1 a 1,5 UA/ha), possibilitando a terminação de animais um pouco mais leves.

Preferencialmente, o semiconfinamento deve ser dedicado à terminação de machos castrados e fêmeas, principalmente quando se exige acabamentos de carcaça medianos a uniforme. Machos inteiros precisam ser abatidos em pesos maiores que os castrados e/ou serem alimentados com dietas com maior teor de energia para alcançarem bom acabamento de carcaça e, por isso, o semiconfinamento é uma estratégia menos adequada.

Níveis de suplementação

Para o semiconfinamento, é comum níveis de fornecimento de concentrados entre 0,7% e 2% do PV. O desempenho animal, a capacidade de acabamento de carcaça e os custos de produção são geralmente diretamente proporcionais aos níveis de fornecimento de ração, o que exige cálculos por parte do produtor e do técnico para tomarem a decisão de qual nível utilizar. Assim como no confinamento, situações de preços baixos de concentrados favorecem o uso de níveis maiores. Quando possível, deve-se procurar alternativas de alimentos de baixo custo, tais como coprodutos e resíduos da agroindústria, sempre levando em conta o custo de transporte da matéria seca, a presença de contaminantes e o limite máximo de inclusão na dieta.

Estrutura e manejo de alimentação

Mais simples que a do confinamento, a estrutura necessária para o semiconfinamento baseia-se na disponibilização adequada de cocho:

- 60 cm lineares por animal;
- cochos que permitam acesso por todos os lados;
- se possível, elevados (70 cm do chão) e fixos em uma base;
- espaços de 3 metros entre módulos de cocho com 4 metros cada.

QUADRO 9.4. Exemplos de formulações para semiconfinamento que podem ser produzidas no próprio estabelecimento rural

INGREDIENTES (%)	FORMULAÇÃO 1	FORMULAÇÃO 2
Milho triturado	69,80	18,40
Casca de Soja	-	68,00
Farelo de Soja	28,00	-
Farelo de Algodão	-	11,00
Ureia	1,00	1,50
Sulfato de Amônia	0,10	0,15
Sal Comum (NaCl)	0,40	0,20
Sal Mineral	0,70	0,70
Total	100,00	100,00

Cochos de tambor plástico cortado pela metade e adaptações de bags (1 ton) para adubos e grãos tem se mostrado alternativas de baixo custo e eficientes para cochos de semiconfinamento.

Outros cuidados:

- formar lotes homogêneos quanto à idade, sexo e peso;
- separar animais mansos (exemplo: leiteiros) de mais arredios;
- priorizar pastagens de boa qualidade, pois o desempenho é muito dependente da forragem que o animal consegue colher.

No Quadro 9.4 estão apresentadas duas opções de formulação de ração para semiconfinamento. É importante lembrar que, no caso do semiconfinamento, é possível e até recomendável fazer-se uma formulação específica para cada situação. Devido à possibilidade de se fazer um melhor ajuste da dieta às condições específicas da pastagem e do aproveitamento de ingredientes locais, recomenda-se buscar a ajuda de um técnico especializado para fazer uma formulação específica.

CONFINAMENTO

O confinamento de bovinos de corte é uma atividade crescente na pecuária brasileira, apesar de ainda ser reduzida quando comparada à pecuária desenvolvida a pasto. Esse crescimento tem ocorrido ao longo do tempo em função do aumento de tecnologias disponíveis, maior disponibilidade de grãos e, é claro, devido às diversas vantagens que traz ao sistema de produção de carne bovina.

Vantagens do confinamento

O confinamento pode ser visto como uma ferramenta de manejo na propriedade, cujos principais benefícios são:

- aliviar pastos na época seca;
- tirar animais mais pesados das pastagens, liberando-as para categorias com menor exigência nutricional;
- aumentar a produtividade e a qualidade da carne;
- reduzir o tempo de terminação;
- programar abates ao longo do ano todo;
- intensificar o giro de capital.

Esses atributos fazem do confinamento uma atividade quase obrigatória dentro de sistemas de produção intensivos. Contudo, a intensificação sempre traz consigo maiores demandas gerenciais, devido ao maior risco de insucesso. Dentro dessas necessidades, considera-se que o trabalho em estratégia nutricional seja um dos mais importantes.

Importância de um bom trabalho em nutrição

A nutrição é o item mais importante na atividade de confinamento, pois:

- dois terços dos custos de produção são alimentares;
- uma dieta mal formulada pode acarretar em grandes prejuízos;
- uma dieta bem formulada, porém sem manejo adequado também pode resultar em grandes perdas.

Portanto, a chance de insucesso é grande sem aconselhamento técnico adequado na área nutricional, o que faz o técnico também exercer papel fundamental e de grande responsabilidade. Por isso, é importante o conhecimento aprofundado de conceitos de formulação de dietas e de manejo.

Escolha do alimento volumoso

Como o alimento volumoso é geralmente produzido na propriedade, um passo importante é a escolha da fonte a ser utilizada. A escolha deve ser realizada principalmente com base na disponibilidade local de área, maquinário, mão-de-obra e recursos financeiros. Além disso, fatores como flexibilidade de uso e custo da energia (R\$/kg NDT) devem ser analisados. São opções:

- Silagem de milho:
 - opção mais cara;
 - alta qualidade nutricional, diminuindo custos com concentrado;
 - boa qualidade de fermentação.
- Silagem de sorgo:
 - similar à silagem de milho, porém com menor valor nutricional;
 - mais adequada a regiões com veranicos frequentes, menor pluviosidade e proximidade a áreas urbanas.
- Silagem de capim:
 - valor nutricional menor que as silagens de milho e de sorgo;
 - valor nutricional variável, com problemas na fermentação;
 - permite aproveitamento do excesso de produção de pastagens nas águas, mas deve-se evitar ensilar material passado, ou seja, com muitos dias de crescimento;

- ponto de colheita (dias após a rebrota): 50 dias para *Brachiaria* e *Panicum* e 70 dias para Capim-elefante;
- uso de aditivos absorventes melhora a qualidade (10 a 20% de polpa cítrica, casca de soja, casca de café, farelo de mandioca ou farelo de trigo);
- pré-secagem, ou seja, picagem e desidratação, por 6 a 12 horas melhora a qualidade;
- compactação (acima de 600 kg/m³) é importante.
- Cana-de-açúcar
 - necessidade de menos tratamentos culturais e mais duradoura;
 - alta produção;
 - menor qualidade nutricional, exigindo mais concentrados;
 - desvantagem principal: corte diário;
 - necessita de aditivos microbianos à base de *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* e *Streptococcus faecium*.

Escolha de outros ingredientes

O técnico/produtor deve dar preferência a alimentos de alta qualidade, tais como milho, sorgo, farelo de soja, farelo de algodão, casca de soja, caroço de algodão e polpa cítrica, quando possível. Entretanto, deve estar atento a alternativas locais (ex.: coprodutos da agroindústria como tortas, bagaço de cana, etc.), que apresentem viabilidade técnica e que tenham custo favorável. Muito cuidado deve ser tomado na utilização de resíduos da agroindústria, pois apesar do baixo custo, podem apresentar valor nutricional muito abaixo do esperado. Um exemplo clássico é o da baginha de soja, que muitas vezes pode vir contaminada com terra da varredura dos armazenadores/processadores, prejudicando significativamente o uso desse ingrediente. O técnico/produtor deve então conhecer a origem dos ingredientes que adquire e utiliza.

Obviamente, devemos destacar que apenas alimentos autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento devem ser utilizados. Além disso, deve-se sempre realizar o cálculo do custo da unidade do nutriente que cada ingrediente fornece, tal como proteína (para alimentos proteicos), energia (para alimentos energéticos) e fósforo (para fontes desse mineral).

Formulação de dietas de confinamento

Um dos conceitos mais importantes em formulação de dietas para bovinos em confinamento é: NÃO HÁ RECEITA DE BOLO! Explica-se: cada situação possui uma dieta ideal que varia em função de:

- quais alimentos e preços disponíveis;
- quais os animais a serem terminados (sexo, raça, idade e castração);
- qual o peso de entrada no confinamento;
- qual o peso de abate pretendido.

Frente a isso, se perguntado qual a melhor relação volumoso:concentrado, qual seria a resposta? A resposta é: “depende!”. Assim como não há receita de bolo, não há uma melhor relação volumoso:concentrado para todas as situações.

Outro conceito importante é a formulação para menor custo da arroba produzida. Essa abordagem difere de outra comumente utilizada que é a formulação de custo mínimo. Na formulação de custo mínimo, estipula-se um nível de desempenho ou determinado nível nutricional e busca-se a fórmula que apresente o menor custo da tonelada de matéria seca. Já na formulação para mínimo custo da arroba, várias dietas de custo mínimo são formuladas e comparadas em relação ao desempenho animal e ganho em arrobas de carcaça. Com isso, consegue-se escolher aquela fórmula que possibilite o menor custo de produção de uma arroba de carcaça.

Recomenda-se que o técnico utilize ferramentas que possibilitem esse tipo de formulação, visando aumentar as chances de sucesso técnico-econômico do confinamento. Em situações de altos preços de concentrados e baixos preços de volumosos, a porcentagem de volumosos na dieta é maior. Já em situações de baixos preços de concentrados, as fórmulas obtidas tendem a apresentar maiores teores de concentrados devido ao maior desempenho animal possibilitado por essas rações. Nesse caso, a porcentagem de volumoso na dieta é diminuída até limites mínimos que permitam o bom funcionamento do rúmen, assegurando que não haverá prejuízos por distúrbios metabólicos tais como acidose, timpanismo, laminite e abscessos hepáticos.

Conhecer as informações acima é o ponto de partida para a formulação de rações para bovinos confinados, exigindo do técnico o conhecimento das condições locais, bem como do mercado de ingredientes para rações e do mercado do boi gordo. Essas informações, em conjunto, vão determinar:

- quais ingredientes serão utilizados e qual a proporção de cada um deles;
- qual a oferta diária de ração para o animal;
- qual o tempo em que os animais permanecerão confinados;
- qual o custo da arroba produzida.

Mais especificamente, as informações necessárias são:

- raça;
- tamanho (escala de 1 a 9);
- sexo;
- idade;
- condição corporal (escala de 1 a 9);
- peso vivo (quando solicitado o peso vivo em jejum, multiplicar por 0,94).

É fortemente recomendado que o técnico utilize softwares de formulação de rações. O software pode facilmente trabalhar com todas as informações necessárias para maior precisão na formulação, o que seria difícil e moroso sem o auxílio dessa ferramenta. Alternativamente, planilhas de Excel também podem ser estruturadas para esse fim.

Para uma formulação efetiva, recomenda-se:

- ter informações de valor nutricional da maior variedade de alimentos possível, aumentando a chance de se encontrar fórmulas mais econômicas;
- caracterizar adequadamente o animal e o ambiente, permitindo ajustar corretamente as fórmulas para as necessidades nutricionais;
- ter dados acurados do valor nutricional dos alimentos;

- considerar o histórico nutricional do animal, prevendo potenciais ganhos compensatórios e subestimativas de consumo e exigências de proteína;
- para animais em ganho compensatório, considerar acréscimo de 10% nas exigências de proteína e redução de 10% na estimativa de consumo de matéria seca;
- limitar a gordura na dieta para um máximo de 6%;
- formular para um teor de proteína degradável no rúmen (PDR) de 12,5% do NDT;
- limitar a utilização de ureia restringindo a 2/3 da PDR, o que deve resultar em valores em torno de 1,5% da MS.

Categorias de animais normalmente confinadas

São exemplos de categorias terminadas em confinamento:

- Machos castrados - novilhos
Idade: 18 a 30 meses
Peso vivo inicial: 350 a 420 kg
Peso vivo final: 480 a 520 kg
Tempo de confinamento: 70 a 100 dias
- Machos inteiros - tourinhos
Idade: 18 a 30 meses
Peso vivo inicial: 370 a 440 kg
Peso vivo final: 500 a 550 kg
Tempo de confinamento: 90 a 120 dias
- Fêmeas jovens - novilhas
Idade: 20 a 30 meses
Peso vivo inicial: 280 a 320 kg
Peso vivo final: 360 a 420 kg
Tempo de confinamento: 60 a 90 dias
- Fêmeas adultas – vacas de descarte
Idade: acima de 3 anos
Peso vivo inicial: 340 a 420 kg
Peso vivo final: 400 a 460 kg
Tempo de confinamento: 50 a 70 dias

Manejo alimentar

Produção do concentrado na propriedade

Recomenda-se a utilização de balanças precisas e misturadores adequados para a mistura do concentrado. Uma pré-mistura deve ser realizada para ingredientes com inclusão menor que 1% na dieta, tais como aditivos alimentares. Alguns alimentos merecem cuidados especiais:

- o caroço de algodão deve ser preferencialmente misturado aos outros ingredientes da ração no vagão misturador ou cocho, por ter difícil homogeneização prévia com farelos e outros itens da ração;

- o sorgo deve ser moído para melhorar seu aproveitamento pelo animal;
- deve-se evitar a mistura de soja crua e ureia devido à formação da amônia e diminuição no tempo de validade do concentrado.

Desordens metabólicas de origem nutricional

Utilizando-se a abordagem de ração de mínimo custo da arroba na formulação de dietas de bovinos confinados, é comum a escolha de dietas com alto teor de concentrados, principalmente em situações de baixo custo dos grãos. Dietas de alto concentrado têm como vantagens, dentre outras, a alta eficiência alimentar, alto desempenho, maior facilidade de manuseio, melhor acabamento de carcaça e menores tempos de confinamento. Por outro lado, são desafiadoras do ponto de vista nutricional e de saúde animal, exigindo cuidados na formulação e no manejo de alimentação, principalmente quando utilizadas para animais zebuínos, mais sensíveis a dietas com alto teor de concentrado.

A saúde animal no confinamento pode ser afetada por desordens de origem digestiva, causadas pelo mau balanceamento das dietas. Ao ocorrer isso, o desempenho animal é deprimido, com diminuição do retorno econômico da atividade.

As principais desordens são:

- **Acidose ruminal:** acidificação do ambiente ruminal, com resultante redução nos processos fermentativos, consumo alimentar e consequente queda no desempenho;
- **Timpanismo:** perda da motilidade ruminal, aliada à excessiva produção de ácidos da fermentação, interrupção do processo de eructação, com consequente redução na ingestão de alimentos e, em casos extremos, morte;
- **Laminite:** processo inflamatório dos cascos que prejudica a mobilidade, o consumo de alimentos e o desempenho.

A maior parte da ocorrência dessas desordens está relacionada à ingestão de grandes quantidades de carboidratos prontamente fermentescíveis presentes em dietas de alto concentrado, que em geral são ricas em fontes de amido tais como milho, sorgo e aveia. A rápida fermentação do amido promove acidificação e aumento da osmolaridade ruminal em função do rápido acúmulo de ácidos no rúmen. Sinais como baixo pH ruminal, anorexia, diarreia e letargia são indicativos de um quadro de acidose clínica. No entanto, a manifestação subclínica desse distúrbio é mais comumente observada em confinamentos brasileiros, podendo ser detectada pela ocorrência de grandes flutuações no consumo diário de alimentos. Como consequência, observa-se redução no desempenho animal, o que resulta em significativas perdas econômicas.

Cuidados para evitar desordens digestivas

Vários cuidados devem ser tomados com o objetivo de evitar as desordens citadas:

- formação de lotes homogêneos;
- disponibilização de espaço de cocho adequado;

- adaptação prévia à dieta;
- fornecimento mínimo de fibra fisicamente efetiva para promover a ruminação, em função do teor e da forma de processamento das fontes de amido;
- utilização de aditivos alimentares, tais como ionóforos;
- manutenção dos horários de fornecimento de ração;
- ajuste adequado do fornecimento de ração.

Adaptação à dieta

Para animais que nunca tiveram acesso a rações concentradas e para dietas com teor de concentrado acima de 30% (em base seca), recomenda-se que haja um período de adaptação, durante o qual sejam adotados esquemas de fornecimento gradual de concentrado ou da ração total. O período de adaptação é necessário para a modificação da microbiota ruminal e do metabolismo animal e pode variar entre duas e quatro semanas.

Como possibilidades de esquemas de adaptação, temos os esquemas abaixo, com exemplos no Quadro 9.5 e Quadro 9.6.

QUADRO 9.5. Esquema de adaptação pelo aumento no teor de concentrado da dieta

ETAPA	VOLUMOSO NA DIETA (%)	CONCENTRADO NA DIETA (%)	DURAÇÃO (DIAS)
1	70	30	7
2	55	45	7
3	40	60	7
Final	25	75	Total = 21 dias

QUADRO 9.6. Esquema de adaptação pelo aumento na oferta de ração

ETAPA	OFERTA DE RAÇÃO (KG/CABEÇA/DIA)	DURAÇÃO (DIAS)
1	10	5
2	12	5
3	14	5
4	16	5
Final	18	Total = 20 dias

Esquema de aumento gradual do teor de concentrado:

- aumenta-se a porcentagem de concentrado na dieta gradualmente em etapas, até atingir o nível estipulado;
- pode-se utilizar de 2 a 5 etapas;
- cada etapa pode durar de 3 a 7 dias;
- oferta-se a ração à vontade;

Esquema de aumento gradual da ração total:

- neste esquema é FUNDAMENTAL que haja espaço de cocho para que todos animais consumam ao mesmo tempo;
- se utiliza, desde o início da adaptação, a relação volumoso:concentrado estipulada para o período de confinamento;
- se restringe a quantidade de ração fornecida diariamente, aumentando-se gradualmente em 2 a 5 etapas, até se atingir a oferta esperada;
- o tempo em cada etapa pode ser de 3 a 7 dias.

Seja qual for a estratégia, fazer no mínimo 14 dias de adaptação.

Pré-condicionamento

Um manejo que tem se tornado frequente é o pré-condicionamento dos animais ao confinamento. Antes mesmo de entrar no curral de confinamento, ainda na pastagem, o animal recebe entre 0,5 e 1,0% do PV em ração concentrada, ao longo de duas semanas, de forma a adaptar-se ao uso do cocho e à ingestão de ração concentrada. Esse manejo tem diminuído a rejeição de animais arredios e adultos ao cocho, pouco acostumados a serem alimentados dessa forma.

Cochos e baias

O bom planejamento das instalações é imprescindível para promover conforto e acesso adequado ao cocho pelos animais. São recomendados:

- cocho do tipo J, com espaço linear de 50 a 70 cm por animal;
- espaço de 30 a 50 cm é possível para lotes homogêneos, animais mansos e fornecimento de ração superior a 5 vezes ao dia;
- mínimo de 10 m² de espaço por animal nas baias;
- lotes menores que 100 animais;
- declividade do terreno maior que 3% em direção oposta à linha de cocho;
- sombra apenas fora da área de cocho;
- formação de lotes homogêneos quanto a peso, sexo, idade, condição corporal e raça.

Arraçoamento

É extremamente recomendável que a dieta seja fornecida na forma de ração total misturada para permitir maior estabilidade do ambiente ruminal e maior aproveitamento da dieta. Quando possível, a utilização de vagões misturadores é encorajada.

O fornecimento total de ração deve ser dividido em refeições disponibilizadas ao longo do dia. Deve-se realizar um mínimo de duas refeições diárias, sem restrições quanto ao número máximo. Apenas destaca-se que não há vantagens em termos de desempenho animal quando se aumenta o número de refeições para mais que três.

Recomenda-se que sejam respeitados horários constantes de fornecimento e que esses não variem mais que 30 minutos, pois animais tratados mais cedo não terão fome o suficiente para ingerirem a quantidade rotineira de alimentos. Por outro lado, animais tratados mais tarde poderão ingerir demais, o que resultará em excesso de consumo e problemas digestivos. Deve-se seguir estritamente a recomendação da porcentagem de volumoso e concentrado na dieta, para evitar diluições, assim como deve-se ser feita corretamente a mistura de ambos, procurando evitar ao máximo a seleção pelos animais. O consumo de ração diário de cada lote deve ser monitorado de forma a identificar possíveis erros de manejo e corrigi-los o mais rapidamente possível.

Ajuste do arraçoamento

Inicialmente, cada lote terá sua recomendação quanto à quantidade de ração a ser fornecida diariamente e em cada trato. Espera-se que, ao longo do tempo, haja um aumento no consumo de forma que se proceda um ajuste no fornecimento para permitir a máxima ingestão de nutrientes e o máximo desempenho. Além disso, é comum haver variações diárias no consumo, assim como variações em função de fatores diversos como mudanças no clima.

O arraçoamento deve ser ajustado de forma a permitir o máximo consumo pelos animais. Por outro lado, não é desejável que haja sobra de alimentos no cocho, que significarão perdas. Além disso, quando há muitas sobras, mais mão-de-obra deve ser mobilizada para a limpeza dos cochos e remoção do alimento deteriorado.

Para um bom manejo de sobras, recomendam-se dois esquemas de ajuste do fornecimento, diferentes em função do nível de gerenciamento adotado no confinamento. Para níveis mais simples de gerenciamento, recomenda-se um esquema mais conservador, com maior quantidade de sobras. Para um nível de gerenciamento mais avançado, pode ser recomendado o manejo de cocho limpo.

Em ambos os casos, é necessário realizar leituras do cocho em horários determinados antes do próximo trato, de forma a ajustar corretamente a quantidade de ração a ser fornecida. Leituras dos cochos são recomendadas antes do primeiro trato da manhã e a noite (entre 22h e 0h), se possível. Nas leituras, deve-se registrar o escore de cocho para cada lote, seguindo um dos esquemas a seguir.

Manejo de sobras conservador

Em um manejo de sobras conservador, pode-se adotar o seguinte esquema de escore e de ajustes, de acordo com a leitura realizada pela manhã, antes do primeiro trato:

- Escore +2 – Cocho com muita sobra: redução de 2 kg/animal;
- Escore +1 – Cocho com sobra: redução de 1 kg/animal;

- Escore 0 – Cocho “sujo”: manutenção do fornecimento anterior;
- Escore -1 – Cocho vazio: aumento de 1 kg/animal;
- Escore -2 – Cocho “lambido”: aumento de 2 kg/animal.

Manejo de cocho limpo

No manejo de cocho limpo, tenta-se manter um fornecimento muito próximo da exigência do lote. Esse manejo pode levar a ganhos em eficiência alimentar, diminuindo o custo de produção da arroba. Entretanto, demanda maiores níveis de atenção e gerenciamento, pois caso seja realizado erroneamente, pode levar a perdas em desempenho e distúrbios digestivos. Para esse esquema, recomenda-se a realização de leituras pela manhã e à noite, conforme já explicado. Os escores utilizados nesse esquema são:

- Escore 0 – Cocho lambido, sem alimento;
- Escore 1/2 – Cocho vazio, com sobra espalhada, maior parte do cocho aparente;
- Escore 1 – Cocho com sobra, camada fina e uniforme no fundo do cocho;
- Escore 2 – 20 a 25% do trato anterior remanescente;
- Escore 3 – mais que 50% do alimento permanece no cocho;
- Escore 4 – Cocho com muita sobra, praticamente intocado.

Escores desejáveis:

- início do confinamento (adaptação e duas primeiras semanas): 2 à noite e entre 1/2 e 1 de manhã;
- posteriormente: entre 1 e 2 à noite e 0 e 1/2 de manhã;

Além disso, é importante ressaltar que um bom manejo de cocho limpo é caracterizado quando, no primeiro trato da manhã, os animais não procuram o cocho com voracidade e não mais do que 25% dos animais se encontram no cocho esperando pelo trato.

Outras recomendações de manejo

- ficar atento a mudanças em composição e teor de umidade, principalmente do volumoso, para permitir ajustes e manutenção da relação volumoso:concentrado;
- espalhar o trato por toda a extensão do cocho, para permitir sua máxima utilização pelo lote;
- limpar os cochos quando necessário;
- checar bebedouros diariamente e mantê-los sempre limpos;
- diminuir o número de animais por lote quando há presença de muita lama (aumentar para 30 m²/animal).

Outras considerações

Acabamento de carcaça

O acabamento de carcaça tem se tornado um critério cada vez mais importante na terminação de animais. A vantagem de uma carcaça bem acabada está principalmente na proteção que a gordura subcutânea confere contra o escurecimento e endurecimento da carne durante o processo de resfriamento na câmara frigorífica.

No frigorífico, a carcaça pode ser tipificada de acordo com a espessura de gordura subcutânea na região do lombo (EGS), seguindo um esquema de escores de acabamento:

- Ausente – 0 a 1 mm de EGS;
- Escassa – 1(-), 2(0) e 3(+) mm de EGS;
- Mediana – 4, 5 e 6 mm de EGS;
- Uniforme – 7, 8, 9 e 10 mm de EGS;
- Excessiva – > 10 mm de EGS;

Os escores desejados são os de gordura mediana e uniforme, sendo aceito o escore de gordura escassa + (3 mm de EGS). Destaca-se que a produção de carcaças com os escores de acabamento desejados, apesar do maior investimento, é importante para o setor de produção de carne bovina devido ao aumento na qualidade da carne, o que pode trazer benefícios diretos e indiretos ao produtor.

Castração e grupo genético no confinamento

Castração e grupo genético são dois fatores de grande influência sobre as exigências nutricionais, o desempenho e a conversão alimentar em confinamento. Além disso, afetam significativamente a capacidade de se realizar o acabamento de carcaça necessário e, portanto, não podem ser negligenciados na terminação de bovinos de corte.

Animais inteiros precisam ser abatidos com peso bem maior que animais castrados para atingirem o mesmo acabamento. Por serem inteiros, apresentam maior crescimento muscular e iniciam a deposição de gordura subcutânea mais tardiamente. Em média, considera-se que os inteiros precisam estar pelo menos 30 kg mais pesados que os castrados no momento do abate. Obviamente, essa é uma média observada normalmente em animais Nelore e não atende a todos os grupos genéticos. Além disso, trata-se de uma situação de confinamento que normalmente permite ganhos de peso maiores, que facilitam o acabamento de carcaça. Na maioria das situações a pasto, os inteiros teriam ainda mais dificuldade para realizar o acabamento de carcaça.

Em relação aos grupos genéticos, deve-se conhecer bem as características de cada raça em relação ao padrão de crescimento. O produtor pode ser tentado a utilizar cruzamentos com raças continentais de grande porte devido às altas taxas de ganho de peso e eficiência alimentar, mas deve-se atentar ao fato de que esses animais necessitam de maiores pesos ao abate para atingirem o acabamento de carcaça adequado. Isso significa maior tempo em confinamento, o que impacta diretamente os custos de produção da arroba. Portanto, os produtores ou técnicos devem sempre fazer cálculos e contar com a experiência para tomar uma decisão em relação a utilizar raças de grande porte, assim como a terminar animais inteiros.

O tempo de confinamento

Existe uma faixa de tempo de confinamento que é comum no Brasil Central, que gira em torno de 100 dias. Mas para ser correto, o tempo de

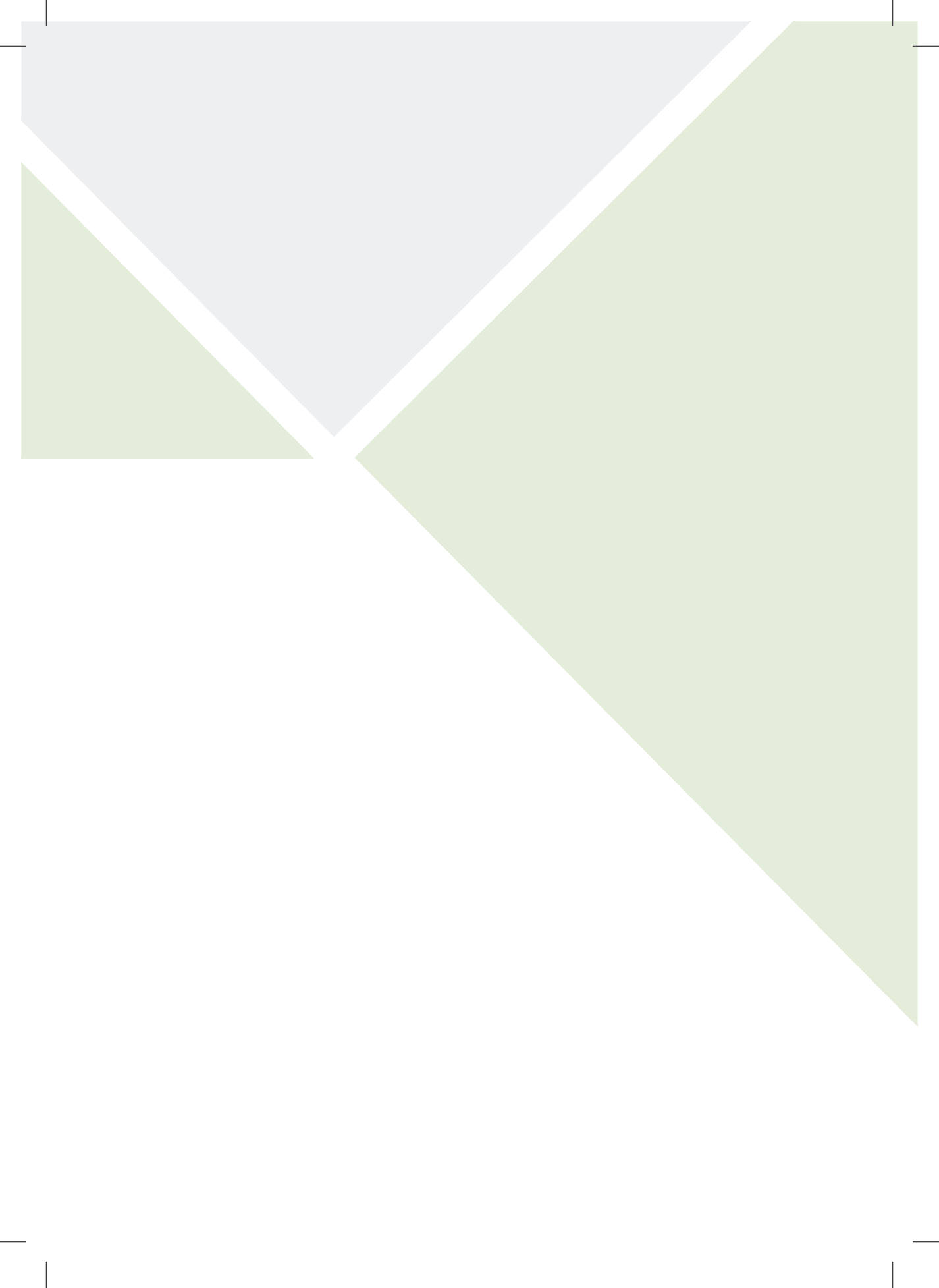
confinamento deveria ser aquele para o animal atingir o peso e o acabamento de carcaça necessários para abate. Isso porque um tempo de confinamento menor que o necessário pode não permitir ao animal atingir os quesitos necessários para sua venda.

O oposto também deve ser evitado, pois animais que permanecem confinados por tempos maiores que o necessário possuem altas exigências de energia para manutenção e pior conversão alimentar, aumentando o custo final da arroba produzida. Entretanto, há atualmente uma abordagem mais moderna sobre o assunto, pela qual o chamado “ponto ótimo para o abate” respeitaria principalmente aspectos financeiros, com os quais a permanência de cada animal no regime de terminação seria definida pelo período em que ainda permitiria obtenção de lucro, independente de critérios de peso e acabamento. Para a aplicação desta abordagem, é necessário profundo conhecimento dos custos de produção, do comportamento dos preços de venda aos frigoríficos e principalmente da eficiência de uso do alimento consumido para ganho em carcaça.

Conhecer o tempo de confinamento individualmente e com antecedência é um dos grandes desafios da atividade de confinamento hoje e, apesar do auxílio de programas de computador e outras ferramentas, como o ultrassom, depende muito da experiência do confinador ou do técnico responsável. Com ou sem essas ferramentas, deve-se procurar criar lotes homogêneos já no início do confinamento e evitar animais abatidos com muito mais peso que o exigido pela indústria frigorífica, principalmente ao confinar fêmeas e machos castrados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratégia alimentar adotada na propriedade é um dos definidores do sucesso ou do fracasso da atividade. Cada vez mais há consciência de que o caminho da lucratividade e da sustentabilidade passa pela intensificação principalmente na nutrição e, para isso, dispomos hoje no mercado das mais diversas tecnologias disponíveis. Cabe ao produtor e aos técnicos serem criteriosos no uso destas tecnologias, sempre buscando aquelas que trarão a melhor relação benefício:custo.

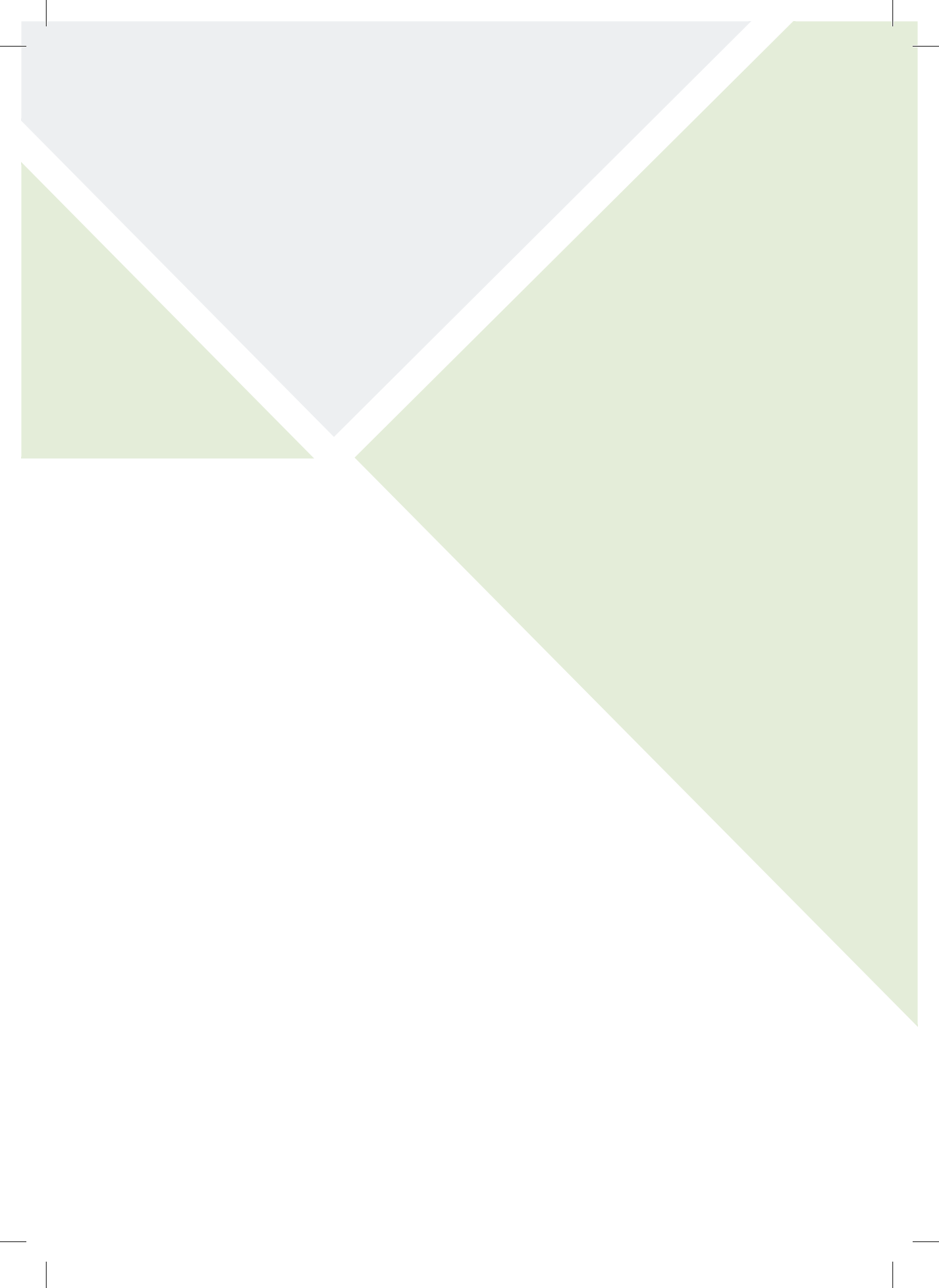


10

CAPÍTULO

Nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte

*Ériklis Nogueira
Luiz Orcírio Fialho de Oliveira
Alessandra Corallo Nicacio
Rodrigo da Costa Gomes
Sérgio Raposo de Medeiros*



INTRODUÇÃO

O manejo nutricional pode ser considerado um dos principais fatores que afeta a reprodução de bovinos de corte. Energia, proteína, vitaminas e minerais, todos afetam de alguma forma a reprodução seja pelo excesso ou pela deficiência. Inicialmente, parece uma simples questão de prover o animal com nutrientes de acordo com as necessidades estabelecidas para si. Entretanto, na prática, aliar o manejo nutricional ao manejo reprodutivo da propriedade, buscando-se o máximo desempenho reprodutivo, é complexo em nível gerencial, principalmente devido ao componente pastagem, base nutricional da pecuária brasileira. Assim, este capítulo tem o objetivo de fornecer bases gerais para o manejo nutricional de matrizes e reprodutores, visando melhorar o desempenho reprodutivo.

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA VACA DE CRIA

Um dos pontos mais importantes no início de um trabalho para melhorar o manejo nutricional do rebanho de cria é o estabelecimento da estação de monta. Sem uma estação de monta, fica difícil direcionar os recursos nutricionais de forma efetiva, o que torna pouco eficiente toda estratégia nutricional que seja utilizada, deixando-a cara. A partir do estabelecimento da estação de monta é possível a formação de lotes homogêneos quanto às exigências nutricionais e quanto ao objetivo de produção, o que facilita a recomendação de estratégias nutricionais mais eficientes.

O conhecimento do estágio reprodutivo das vacas ao longo do ciclo anual é fundamental para que se formem grupos ou lotes homogêneos do ponto de vista nutricional. O uso do diagnóstico de gestação (por palpação retal apenas ou com auxílio de aparelhos de ultrassom) é fundamental para esta finalidade, já que as exigências nutricionais das matrizes modificam-se ao longo do ciclo anual como apresentado na Figura 10.1. Para o ajuste

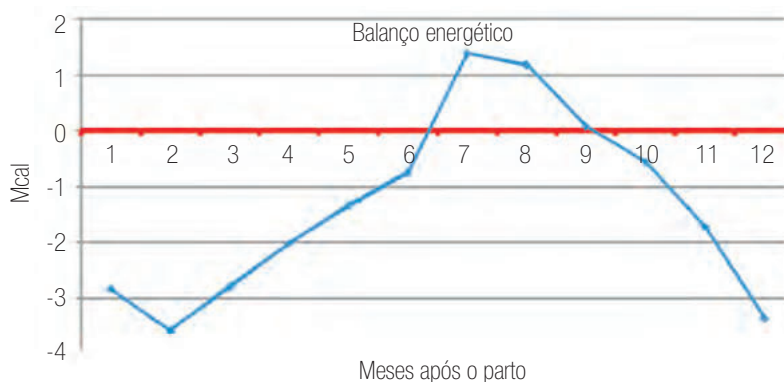


FIGURA 10.1.

Balanço energético de vaca de corte em dieta de baixa energia/pasto (Nutrientes Digestíveis Totais = 50%), e consumindo 2,0% do peso vivo em matéria seca conforme NRC (1996).

do balanço nutricional, podemos interferir no uso das pastagens e na suplementação, sendo que os critérios podem ser definidos a partir de um planejamento alimentar que considere as prioridades reprodutivas.

Além da estação de monta, o monitoramento da condição corporal das fêmeas é fundamental, já que representa o termômetro do manejo nutricional adotado e o indicador principal das ações a serem tomadas em relação a este manejo.

Importância do escore de condição corporal (ECC)

O escore de condição corporal é uma medida subjetiva das reservas nutricionais do animal. Bons índices reprodutivos são resultado de fêmeas bem nutridas e que apresentem bom escore corporal ao parto. Vacas com boa condição ao parto retornam ao cio mais rapidamente e têm maiores taxas de reconcepção.

Existem diferentes sistemas de classificação da condição corporal em bovinos. Uma das classificações divide os animais em três categorias - magra, média e gorda - e cada uma dessas categorias é subdividida em outros dois níveis - inferior (-) e superior (+) (Figuras 10.2 a 10.4). Dessa forma, podem ser atribuídas seis notas a partir da combinação de cada categoria com um dos subníveis, conforme Quadro 10.1.

Outro sistema classifica os animais entre escores 1 e 9, sendo 1 a vaca muito magra, 5 a vaca de escore moderado e 9 a vaca com gordura excessiva (Quadro 10.2). Importante frisar que o ECC é mais importante que o próprio peso do animal, já que indica o *status* nutricional e pode auxiliar nas tomadas de decisão para melhoria da condição nutricional individual ou do rebanho.

Recomenda-se que ao parto a vaca esteja com escore mínimo de 4 (Escala de 1 a 6), de acordo com o Quadro 10.1. Nesta condição, o produtor dá oportunidade para a vaca utilizar boa parte de suas reservas corporais para a produção de leite e ainda assim, manter uma boa condição para conceber.



Escore 1: condição magra, inferior – animal emaciado, apresentando processo transverso proeminente, costelas e espinha dorsais acentuadas.

Escore 2: condição magra, superior – animal com espinhas dorsais agudas ao tato; íleos, ísquios, inserção da cauda e costelas proeminentes, além de apresentar o processo transverso ainda visível.

FIGURA 10.2.

Animais classificados na categoria Magra, nos níveis inferior escore 1 (à esquerda) e superior escore 2 (à direita) (Fotos: Anderson Faquin).

QUADRO 10.1. Esquema de classificação de condição corporal para bovinos de corte, considerando três categorias e dois subníveis para cada categoria (Adaptado do Programa de Melhoramento de Gado de Corte – Geneplus).

MAGRA	MÉDIA	GORDA
1 Inferior	3 Inferior	5 Inferior
2 Superior	4 Superior	6 Superior



Escore 3: condição média, inferior – animal apresentando costelas, fêos e isquios ainda visíveis; musculatura côncava nas ancas, mas com o processo transverso ligeiramente coberto.



Escore 4: condição média, superior – animal com suave cobertura muscular; espinhas dorsais visíveis com dificuldade, mas sentidas facilmente, ao tato; costelas quase que completamente cobertas.

FIGURA 10.3.

Animais classificados na categoria Média, nos níveis inferior escore 3 (à esquerda) e superior escore 4 (à direita) (Fotos: Erikliis Nogueira).



Escore 5: condição gorda, inferior – animal com boa cobertura de músculos em início de deposição de gordura na inserção da causa.



Escore 6: condição gorda, superior – animal com acúmulo de gordura na inserção da causa e maça do peito; espinhas dorsais, costelas, fêos e isquios estão completamente cobertos.

FIGURA 10.4.

Animais classificados na categoria Gorda, nos níveis inferior escore 5 (à esquerda) e superior escore 6 (à direita) (Fotos: Erikliis Nogueira).

Estrategicamente, uma avaliação à desmama deve ocorrer, para eventuais ações no sentido de recuperar a condição corporal de fêmeas magras ao longo do período. Adotando-se estação de monta de primavera/verão, a desmama irá ocorrer ao final do período das águas e, por isso, espera-se que a fêmea tenha tido condições de chegar com uma boa condição naquele momento. Nesta avaliação, recomenda-se que as fêmeas estejam com escore corporal entre 4 e 5 (Escala de 1 a 6), de acordo com o Quadro 10.1, considerando-se que alguma dificuldade de manter esta condição surgirá

QUADRO 10.2. Adaptação do sistema NRC (1996) de escores de condição corporal de vacas de corte.

ESCORE	APARÊNCIA DO ANIMAL
1	<i>Caquético</i> – Animais debilitados. Estrutura óssea de paleta, costelas, íleo e ísquio pontiagudos e facilmente visíveis. Poucos sinais de depósitos de gordura ou músculos.
2	<i>Muito magro</i> – Magreza visível, mas não ocorre a debilidade como no caso de animais com escore 1. Pouca evidência de depósito de gordura, porém alguma musculatura nos membros anteriores. Os processos transversos e espinhosos são visíveis e pontiagudos ao toque, com espaço entre eles.
3	<i>Magro</i> – Presença leve de gordura sobre o lombo e costelas anteriores. Espinha dorsal ainda bastante visível. Processos espinhosos podem ser identificados individualmente por palpação e provavelmente ainda visíveis. Espaços entre os processos menos pronunciados.
4	<i>Limítrofe</i> – Costelas anteriores não notáveis aos olhos, duas últimas costelas visíveis, processos transversos identificáveis apenas por palpação leve, arredondados e não pontiagudos. Musculatura retilínea do posterior.
5	<i>Moderado</i> – Últimas costelas não perceptíveis aos olhos, ao menos que o animal esteja em jejum prolongado, processos transversos não perceptíveis aos olhos, mas apenas com palpação firme. Presença de deposição moderada de gordura na inserção da cauda.
6	<i>Bom</i> – Costelas totalmente cobertas e não perceptíveis aos olhos. Posterior convexo, cheio. Depósitos de gordura perceptíveis à palpação em ambos os lados da inserção da cauda e nas costelas anteriores. Percepção de processos transversos apenas por firme palpação.
7	<i>Muito bom</i> – Fim dos processos espinhosos perceptível apenas com palpação bastante firme. Espaços entre processos dificilmente distinguíveis. Depósitos de gordura abundantes em cada lado da inserção da cauda e perceptíveis aos olhos.
8	<i>Gordo</i> – Animal liso com estrutura esquelética não visível. Cobertura de gordura espessa com depósitos visíveis.
9	<i>Muito gordo</i> – Animal com estrutura esquelética não visível, talvez nem facilmente perceptível à palpação. Mobilidade provavelmente prejudicada pelo excesso de gordura.

ao longo do período seco, devido a limitações nutricionais comuns desta época no Brasil Central.

Especial atenção deve ser dada a fêmeas que, nesta avaliação, apresentem escore corporal inferior ao recomendado. Sugere-se mantê-las em um único grupo e adotar uma estratégia nutricional diferenciada para estes animais. Nas condições do Brasil Central, as estratégias mais viáveis utilizam a suplementação a pasto durante o período pré-parto, o qual coincide com a estação seca. Sendo assim, a propriedade deve prever em seu planejamento anual, áreas de pasto diferido, já que a suplementação é efetiva apenas com a presença de massa adequada de forragem.

As possibilidades de estratégias de suplementação são aquelas mesmas utilizadas para a recria e terminação, especialmente sal proteinado de baixo ou alto consumo e ração de semiconfinamento, também discutidas especificamente neste livro. Inclui-se também uma alternativa de suplementação que é o sal com ureia, discutido em outro capítulo desta obra. A decisão de qual estratégia tomar deve ser feita em função da condição corporal do grupo a ser tratado:

- 1) Sal com ureia – manutenção da condição corporal;
- 2) Suplemento proteico – baixo consumo – manutenção da condição corporal;
- 3) Suplemento proteico-energético – alto consumo – ganhos moderados de condição corporal;
- 4) Ração de semiconfinamento – ganhos maiores em condição corporal.

Para animais que, na desmama, apresentaram escores corporais acima de 4 (Escala de 1 a 6, Quadro 10.1), as alternativas 1) e 2) podem ser as mais indicadas, pois apresentam custo menor e são efetivas em manter o peso dos animais. Já para fêmeas com escore 3 ou inferior (Escala de 1 a 6, Quadro 10.1), o suplemento proteico-energético de alto consumo (em torno de 0,5% do peso vivo) e a ração de semiconfinamento (até 1% do peso vivo), devem ser utilizados pois permitem ganhos de peso de até 0,400 kg/dia.

Cabe ao produtor e ao técnico fazer contas para descobrir qual o peso a ser ganho pelos animais ao longo do período pré-púbere que, se levada em conta a desmama em março e o início da parição em julho, tem duração de aproximadamente 120 dias. Considerando-se que para cada 1 grau de escore a ser aumentado o animal deverá ganhar aproximadamente 50 kg de peso vivo, uma ou outra estratégia será então adotada. Naturalmente as recomendações de suplementação acima não são válidas caso não haja pastagens com boa disponibilidade de massa de forragem.

Em caso de impossibilidade de se realizar a recuperação do escore corporal antes do parto ou falha na estratégia adotada, a suplementação pós-parto pode ser utilizada para melhorar os índices reprodutivos. A justificativa de se realizar ações no período pré-parto se dá pela maior facilidade de recuperação da condição corporal quando comparada à outra fase.

Importância da fase de pós-parto

A condição corporal da vaca no momento do parto tem influência direta sobre o período pós-parto. Após o parto, a vaca inicia a fase de lactação,

na qual há grande exigência metabólica e nutricional. Além disso, espera-se que essa vaca recupere sua condição uterina e retome a ciclicidade rapidamente, pois este animal precisará emprenhar novamente, o quanto antes. No caso de vacas primíparas, elas ainda precisam terminar seu crescimento, pois ainda não atingiram seu peso adulto.

Todos esses eventos fisiológicos acontecem em um período em que o animal tem sua capacidade de ingestão de alimentos reduzida. A situação pode ser agravada em propriedades que utilizam a estratégia de estação de monta de primavera/verão, com partos no final do período seco e, portanto, com escassa disponibilidade forrageira.

No período pós-parto as vacas entram no chamado balanço energético negativo (BEN), ou seja, o aporte nutricional da dieta é inferior às suas necessidades metabólicas e, assim, a vaca tem perda de peso e de condição corporal. Com essa perda de peso, a recuperação de suas condições reprodutivas fica prejudicada, prolongando o período de anestro pós-parto e dificultando o estabelecimento de nova prenhez. Quando a propriedade trabalha com sistema de estação de monta, o período de acasalamentos é restrito e precisa ser otimizado. Pensando em atingir o intervalo entre partos (IEP) ideal de 12 meses e sabendo que a gestação dura em torno de 285 a 290 dias, restam apenas 75 a 80 dias para o animal retomar sua ciclicidade e estabelecer a nova prenhez.

Os efeitos dos baixos níveis de ingestão de energia podem comprometer o bom funcionamento dos eixos reprodutivos. Restrições crônicas por longo período em bovinos causam uma redução gradual na taxa de crescimento do folículo dominante, no diâmetro máximo do folículo dominante e na fertilidade. Em geral, as fêmeas apresentam anestro quando perdem em média, 22% do seu peso corporal inicial. Sendo assim, vacas de corte de 500 kg irão cessar sua ciclicidade quando perdem 110 kg, porém antes disso a fertilidade já encontra-se reduzida. Existem evidências de uma variação significativa de animal para animal no intervalo até o início do anestro e também do início da capacidade de ovulação após a realimentação. Em contraste, observa-se que novilhas submetidas a restrições alimentares agudas de 40% da manutenção, por períodos entre 13 a 15 dias, sofrem uma imediata redução na taxa de crescimento do folículo e diâmetro máximo do folículo dominante com indução ao anestro em uma alta proporção, diminuindo a fertilidade.

Animais em perda de peso têm dificuldade de retomar a ciclicidade e estabelecer nova gestação. Além disso, se o animal atingiu o momento do parto com condição corporal inadequada e ainda teve perda de peso devido ao BEN, sua condição corporal pode estar muito inadequada no início da estação de monta, o que comprometerá os índices reprodutivos.

Corrigir a condição corporal de vacas no pós-parto é extremamente difícil, pois trata-se de um momento metabólico delicado, com grandes necessidades nutricionais, de modo que conseguir fazer esse animal ganhar peso é algo bastante difícil e certamente oneroso financeiramente, sendo recomendadas estratégias mais agressivas como sal proteinado de alto consumo ou mesmo ração de confinamento. Assim, o recomendado é que as correções de condição corporal sejam feitas antes do parto, para que as

vacas tenham melhores condições de se recuperar do período pós-parto e rapidamente possam estabelecer a nova gestação.

Houghton et al. (1990) resumem informações de diversos autores afirmando que o intervalo parto-primeiro cio e a taxa de prenhez são influenciados pelo nível nutricional pré e pós-parto, condição corporal e amamentação. De acordo com esses autores, vacas em moderada condição corporal ao parto devem possuir no mínimo 15,8% de gordura na carcaça, para poderem manter um período aceitável, 60 dias, de anestro pós-parto. Vacas que ao parir têm apenas 12,4% de gordura, necessitam receber uma dieta contendo 130% das exigências preconizadas pelo NRC, para que consigam obter um intervalo parto-cio de 60 dias. Por outro lado, não é recomendado que as fêmeas tenham mais de 20% de gordura na carcaça, durante a estação reprodutiva, para que possa se obter a máxima eficiência.

Uso de gordura na dieta pode favorecer a reprodução

Um nível energético inadequado na dieta de ruminantes e uma condição corporal pobre podem afetar negativamente a função reprodutiva, já que o balanço energético negativo pode atrasar a ciclicidade e comprometer tanto a competência do folículo quanto a qualidade oocitária. Dessa forma, a suplementação com gordura vem sendo utilizada com o objetivo principal de elevar a densidade de energia da dieta e melhorar índices reprodutivos. Isto ocorre independente do fornecimento de energia por si só, pois tem efeito mesmo não alterando o estado corporal dos animais por modificações nos parâmetros fisiológicos ligados à reprodução.

Assim, animais com condição corporal inferior ao recomendado, suplementados com gordura, podem ter desempenho semelhante a animais com 1 grau acima no esquema de escore citado (Quadro 10.1). Além disto, talvez a maior dificuldade da suplementação de vacas de corte seja a logística de implantação do processo. Várias são as razões como o tamanho do lote (geralmente em grande número), a demanda por área de cocho, o armazenamento no campo, as condições do clima e do ambiente, o transporte, entre outros. Diante de tamanha dificuldade, a melhor opção é tentar oferecer suplementos com alta densidade energética, com ingredientes que controlem e uniformizem o consumo e que tenham custos compatíveis.

Suplementos contendo gordura vegetal como óleos (soja, algodão), farelos gordurosos e caroço de algodão são alternativas interessantes para a concentração energética do produto, pois em média são capazes de liberar 2 a 3 vezes mais energia que a mesma quantidade liberada pelos carboidratos contidos na forma de amido, como aqueles presentes nos grãos de milho e sorgo. As principais limitações do uso da gordura vegetal na forma concentrada em um suplemento estão associadas às dificuldades de manipulação (mistura industrial e oferecimento).

A gordura protegida por sais de cálcio reduz a transformação (biohidrogenação) dos ácidos graxos insaturados no rúmen, aumentando a absorção de ácidos graxos essenciais como o linolênico n-3 (C18:3) e o linoleico n-6 (C18:2), importantes para os aspectos reprodutivos. Entre os efeitos que explicariam isso, o lipídeo adicional aumenta a capacidade funcional do

ovário, a vida útil do corpo lúteo e a concentração de progesterona (PG). Aumenta, também, a concentração de colesterol, que é precursor da PG, e promove maior crescimento folicular.

Nos trabalhos em que houve benefício da suplementação lipídica foram utilizadas quantidades superiores a 4% da MS (~ 400 g/dia) e fontes de gordura vegetal foram melhores do que fontes de gordura animal. Isto pode ser devido ao maior teor de ácidos graxos poliinsaturados nos primeiros, particularmente do ácido linoléico (18:2). Uma das possibilidades para explicar esse efeito é que a Ciclooxigenase-2 (COX-2) é a enzima limitante regulada por ácidos graxos poliinsaturados (18:2, EPA, DHA, CLA) que bloqueia a prostaglandina F_{2α}. Este hormônio, quando não bloqueado por estímulo do embrião causa morte embrionária, reduzindo as taxas de concepção.

A resposta à suplementação lipídica pode ser ainda mais expressiva nas condições do Brasil Central, pois:

- 1) A estacionalidade e menor valor nutricional das forrageiras tropicais causam perda de reservas corporais das matrizes que, geralmente, apresentam condição corporal abaixo do recomendável ao parto;
- 2) A composição em ácidos graxos de forrageiras tropicais é mais saturada e, portanto, a suplementação com fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados pode ter maior impacto.

Apesar das vantagens da suplementação lipídica serem evidentes em algumas situações, em gado de corte com ECC adequados a maioria dos trabalhos não tem demonstrado aumentos significativos na fertilidade e no número de folículos a partir da suplementação com gordura independente da fonte oferecida. Alguns autores não encontraram aumento no número de folículos durante a primeira onda folicular em novilhas Nelore que receberam dietas com adição de óleo de soja ou Megalac®, comparadas com outras que receberam dietas com mesma densidade energética (1,7 vezes Manutenção de energia) porém, sem lipídios, demonstrando que estes efeitos são mais pronunciados em animais em lactação e/ou com aumento dos requerimentos de energia ou em balanço energético negativo mais acentuado. Em razão destes estudos, recomenda-se assim, a inclusão de gordura protegida no suplemento de forma equilibrada com outras fontes de gordura líquida (óleos) e de carboidratos (grãos).

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA DIMINUIR A IDADE À PRIMEIRA CRIA

A idade ao primeiro parto e o manejo realizado até então influenciam significativamente a viabilidade econômica da atividade de cria. Diminuir a idade ao primeiro parto de 42 meses, média brasileira, para 36 meses, já é um grande passo, possível por meio de um bom manejo nutricional. Porém, outra possibilidade seria diminuir ainda mais a idade ao primeiro parto, de 36 meses para 24 meses, com concepção ao redor dos 15 meses de idade.

Em raças taurinas de origem britânica, a concepção em idades menores é observada mais comumente, por se tratar de raças com grande

precocidade sexual. Esta característica deve ser explorada, quando possível, pelo aumento na vida útil da fêmea, ou seja, o número de bezerros produzidos ao longo de sua vida, e pela diminuição no tempo de recria, período considerado improdutivo.

Contudo, é sabido que a pecuária de corte brasileira se concentra principalmente no Brasil Central, sobre influência de clima tropical e solos de Cerrado. Nesta situação, as raças zebuínas predominam por sua capacidade adaptativa, porém não apresentam a precocidade reprodutiva observada nas raças britânicas e este é um dos motivos da média de idade ao primeiro parto ser alta no Brasil. Contudo, observa-se que principalmente dentro da raça Nelore, existe um esforço para o melhoramento genético de características reprodutivas, incluindo o parto precoce, que colabora para a diminuição desses índices.

O parto precoce é explorado em propriedades com nível gerencial e de tecnificação mais avançados. O parto aos 24 meses implica na concepção aos 15 meses e um período de recria de aproximadamente 7 meses. Do ponto de vista de crescimento, a fêmea precoce deve sair de um peso aproximado de 180 kg e atingir 280 kg, o que significa um ganho de peso diário de mais de 0,400 kg/dia. Não seria muito se o período pós-desmame não compreendesse em sua maior parte a estação seca. Portanto, obrigatoriamente, deve-se lançar mão de estratégias nutricionais mais intensivas para alcançar tal desempenho.

Na figuras 10.5 e 10.6, é ilustrada a importância do peso de entrada de novilhas Nelore e a importância do ganho de peso durante a Estação de Monta sobre a capacidade de a novilha tornar-se prenha na sua primeira estação de monta.

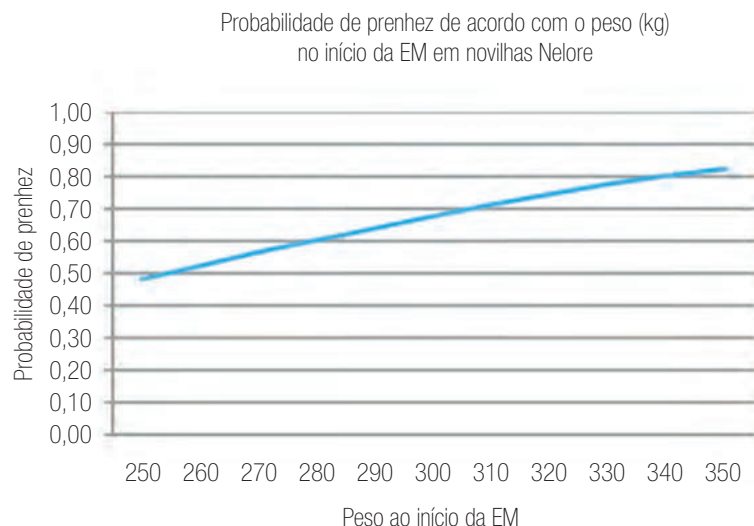


FIGURA 10.5.

Probabilidade de estabelecimento de prenhez conforme peso corporal em novilhas da raça Nelore (Nogueira, E.; Dados não publicados).

Probabilidade de prenhez de acordo
com o ganho de peso (kg) durante a EM
em novilhas Nelore

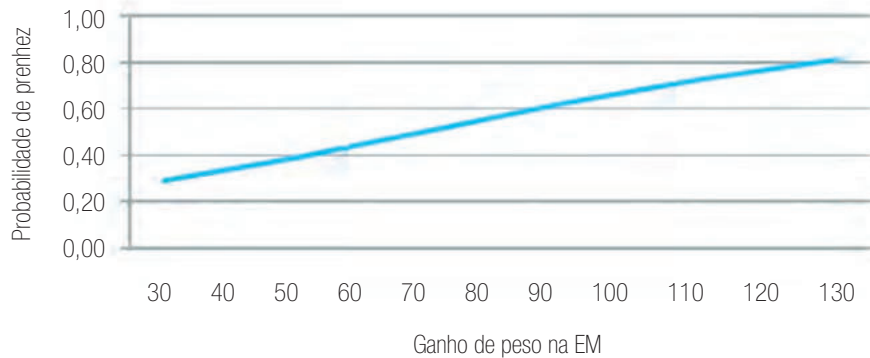


FIGURA 10.6.

Probabilidade de estabelecimento de prenhez conforme ganho de peso em novilhas da raça Nelore (Nogueira, E.; Dados não publicados).

Uma estratégia proposta e analisada pela Embrapa Gado de Corte foi a de suplementação com concentrado no período seco ao nível de 1% do peso vivo. Esta estratégia permitiria o ganho de peso desejado e a concepção de uma porcentagem das fêmeas submetidas à monta na estação de primavera/verão. Entretanto, quando comparado em termos econômicos com o sistema com idade à primeira cria aos 36 meses, se mostrou menos viável e muito sensível a variações em preços do bezerro e da ração. Uma oportunidade aventada foi a de aumentar o peso à desmama de forma a permitir desempenhos mais discretos ao longo da recria com níveis menores e mais baratos de suplementação. Esta estratégia reforça a importância do trabalho em melhoramento genético para a característica total maternal e também na nutrição da vaca parida, esperando-se maior produção de leite e maior desenvolvimento da bezerra lactente.

Outra estratégia é a alimentação das fêmeas desmamadas em sistema de confinamento. Neste sistema existe maior facilidade para se alcançar o crescimento desejado devido à qualidade da dieta oferecida. Em compensação, os custos podem ser maiores, o que exige uma estratégia diferente daquela normalmente adotada para a terminação. Aparentemente, esta estratégia seria mais facilmente adotada em propriedades que já realizam confinamento para a terminação de animais. Destaque também deve ser dado para a diminuição na necessidade de áreas de pastagens, inclusive áreas diferidas para a recria das fêmeas. Tais áreas poderiam ser utilizadas, por exemplo, para a recria visando a terminação ou para a manutenção do rebanho de cria. Entretanto, análises econômicas destas estratégias devem ser realizadas para cada caso.



IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL PARA TOUROS REPRODUTORES

No Brasil, atualmente, cerca de 10% do rebanho passa por processo de inseminação artificial, sendo que o repasse dessas fêmeas, em geral, acontece com touros, em regime de monta natural. Assim, a influência do animal reprodutor sobre os índices de produtividade é enorme. E, para que o touro tenha boa qualidade espermática, boa libido e, consequentemente, bom desempenho reprodutivo, faz-se essencial que este receba bom manejo nutricional durante a recria e estação de monta.

Os touros representam cerca de 1% a 4% da quantidade de animais em uma propriedade de gado de corte, com sistema de monta natural (com relação touro:vaca de 1:25 até 1:80) e por esse motivo devem receber uma atenção especial no que diz respeito à sua avaliação reprodutiva. Nesse sentido, a nutrição desses animais deve ser otimizada, sobretudo nos períodos de menor disponibilidade de forragem (estação seca) e durante a estação de monta, quando serão efetivamente utilizados, pois geralmente esses animais sofrem alterações temporárias na capacidade reprodutiva, normalmente restaurada quando voltam a receber nutrição adequada. Dependendo da severidade da subnutrição, os efeitos variam de pequenas alterações nas características do sêmen e/ou libido até infertilidade.

Os requisitos nutricionais dos touros não são discutidos separadamente das vacas, porém Silva et al. (1993) indicam que os requisitos nutricionais de touros para boa produção espermática encontram-se entre 5% e 10% acima dos requisitos de manutenção.

Os futuros reprodutores devem receber nutrição adequada desde a fase de desmama, de modo que seu desenvolvimento corporal e dos órgãos reprodutivos sejam adequados. Tanto a sub quanto a supernutrição são prejudiciais ao desenvolvimento do futuro reprodutor. Mesmo animais de genética superior precisam de condições de manejo e nutrição adequadas para que possam expressar todo seu potencial genético. Dietas inadequadas na fase de recria podem levar ao desenvolvimento testicular inadequado e, em animais após a puberdade, podem causar diminuição da produção espermática em até 15%.

Considerando animais zebuínos, estes devem entrar em serviço por volta dos 22 a 24 meses de idade. Já animais taurinos podem entrar em serviço ao redor de 12 meses. Esses valores são variáveis entre raças e entre indivíduos, principalmente pelas condições de manejo nutricional que os animais recebem. Animais adultos têm necessidades alimentares maiores para a boa produção espermática em relação apenas à sua manutenção, embora essas necessidades sejam menores do que em animais em fase de crescimento. É importante o equilíbrio entre proteínas, minerais e vitaminas para o desenvolvimento e desempenho reprodutivos adequados.

O touro jovem pode ser criado em diferentes condições, tanto a pasto, como semiconfinamento, desde que a dieta seja equilibrada e não permita nem excessos e nem escassez nutricional na fase de crescimento. Erros no primeiro ano de vida podem comprometer a idade à puberdade e a capacidade reprodutiva futura. Já, animais bem alimentados na fase de cria, com dieta devidamente balanceada, podem ter a puberdade antecipada.

É importante salientar que os excessos na alimentação podem ser prejudiciais, pois o sobrepeso pode levar a acúmulo de gordura em região testicular, fator que atrapalha a termorregulação do referido órgão e prejudica a qualidade espermática. Além disso, animais com sobrepeso podem ter maior dificuldade para realizar a monta, prejudicando os índices reprodutivos. Para minimizar esses problemas recomenda-se acompanhar a condição corporal dos machos (ECC) durante seu desenvolvimento e vida adulta, antes e depois da estação de monta. E mesmo os animais em repouso, isto é, fora do período de estação de monta, devem receber alimentação balanceada, evitando-se que percam ou ganhem muito peso.

Pode ser considerado como um bom manejo nutricional a suplementação dos animais na época da seca após a desmama. Outra opção interessante pode ser o uso de *creep-feeding*, em que os animais recebem suplementação ainda na fase de lactação, podendo ser desmamados mais cedo (desmama precoce).

A melhor estratégia deve ser escolhida considerando-se os custos com a alimentação, assim como a finalidade da produção. Se a propriedade visa a venda de tourinhos, ao redor de 22 a 24 meses, seu peso ideal a ser atingido é essencial para garantir a venda. Já propriedades que utilizam seus próprios animais podem ter um período de tempo um pouco maior para que os animais atinjam seu peso adulto, podendo utilizar estratégia menos intensa de suplementação. É importante lembrar que propriedades que comprem reprodutores devem prestar especial atenção ao tipo de alimentação que os animais estão acostumados, pois mudanças bruscas podem causar perdas de peso e prejuízos no desempenho dos animais.

É uma prática relativamente comum alimentar touros para venda em condições de confinamento, fazendo uso de rações para ganhos de peso elevados, mas quando o animal deixa de receber esse tipo de dieta ele perde peso e desempenho reprodutivo imediatamente. Considera-se que tourinhos da raça Nelore devam atingir peso de 600 kg aos 20 a 24 meses de idade. Além disso, recomenda-se que estes tenham seu ECC ou peso avaliados constantemente, inclusive antes e após a estação de monta, a fim de verificar possíveis problemas de manejo, de modo a manter seu ECC entre 4 e 5, conforme o Quadro 10.1.

Qualquer atraso de desenvolvimento dos reprodutores ou diminuição de desempenho reflete no custo de produção, pois quanto antes o touro começar sua vida reprodutiva - produzindo sêmen e cobrindo vacas - mais bezerros este poderá gerar e, consequentemente, maior produtividade para a propriedade está garantida.

A alimentação equilibrada pode levar à antecipação da puberdade, mesmo em animais zebuínos, que são considerados tardios, ou seja, o animal inicia a produção de sêmen de qualidade satisfatória antes da idade-padrão, o que é de grande interesse para melhoria da taxa de desfrute dos rebanhos brasileiros.

Portanto, machos bovinos destinados à reprodução devem receber suplementação mineral completa, sobretudo com níveis adequados de Ca, P, Zn, Se, I, Cu e Mn, durante todo o ano e é altamente recomendável, durante a estação seca, a utilização de suplementos que garantam a ingestão mínima

de 7% de PB e promovam um aumento da ingestão de matéria seca. A suplementação de vitaminas A, D e E pode ser interessante em situações de deficiência desses elementos, como no período da seca. A suplementação lipídica parece não trazer benefícios adicionais no padrão seminal de touros em campo que estejam recebendo dietas balanceadas.



ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE FÊMEAS COMO ALTERNATIVAS DE MELHORIAS DE CONCEPÇÃO

Como apresentado na Figura 10.1, é natural que em condições a pasto ocorra o balanço energético negativo nas vacas pós-parto, sendo o mesmo compensado pelas reservas energéticas que as vacas fazem entre o período após a desmama e o parto.

Entretanto, a conta na prática é mais complicada do que se imagina, já que o intervalo entre o parto e o início da estação de monta varia dentro do rebanho de matrizes. Por esta razão, algumas fêmeas terão reserva suficiente para entrarem em cio e conceberem o bezerro, enquanto outras podem não ter reserva suficiente ao parto ou mesmo terem parido muito cedo e já gasto suas reservas no primeiro estágio de lactação. Nestes casos, é muito provável que já não terão mais condições de concepção e se manterão em condição de anestro, que é o período que as vacas deixam de apresentarem cio para atenderem a demanda de leite para o bezerro.

Este fato ocorre porque existe uma defasagem entre a duração da gestação (entre 285 e 290 dias para vacas zebuínas) e as estações do ano (12 meses – 365 dias), resultado do estabelecimento de uma estação de monta em um único período. É importante salientar que o estabelecimento do período da estação de monta é outro ponto muito importante, devendo-se considerar inicialmente, quando não há informações prévias, o período de maior quantidade de partos na propriedade ao longo dos últimos anos.

Algumas técnicas de manejo reprodutivas e nutricionais podem ser alternativas para melhorar os índices de concepção de vacas que entraram em períodos de anestro no momento da estação de monta. Importante salientar que estas vacas são totalmente aptas à reprodução, sendo que este efeito é consequência natural e resultante da alocação dos nutrientes para a maior prioridade do animal naquele instante, que é o de prover a melhor alimentação ao bezerro, deixando como prioridade secundária alocar nutrientes para a reprodução.

Diversas técnicas de manejo podem ser aplicadas para elevar a concepção geral do rebanho, dentre elas o controle de mamadas, o aparte temporário dos bezerros, o estímulo visual pela aproximação e movimentação dos touros nos rodeios, a desmama precoce, a suplementação dos bezerros (creep-feeding), e técnicas reprodutivas como a inseminação artificial em tempo fixo, com uso de hormônios para retorno da ciclicidade.

Evidentemente todas estas técnicas requerem a análise criteriosa do proprietário com acompanhamento de técnicos especializados, que permitam estimar os benefícios e os custos da sua implantação, a fim de que a tomada de decisão seja a mais precisa possível. A desmama precoce, por exemplo,



FIGURA 10.7.

Balanço energético de vaca de corte submetida à desmama precoce aos 110 dias de idade do bezerro, em dieta de baixa energia/pasto (Nutrientes Digestíveis Totais = 50%), e consumindo 2,0% do peso vivo em matéria seca conforme NRC (1996).

interrompe o déficit nutricional a partir da retirada dos bezerros (Figura 10.7), devendo-se tomar alguns cuidados como:

- Idade dos bezerros acima de 90 dias (ideal de 110 dias) – em razão dos custos da suplementação, do desenvolvimento do trato digestivo dos bezerros, etc;
- Presença de pastagens de melhor qualidade para os bezerros, ambiente sombreado, cochos suficientes e limpos, água de boa qualidade;
- Adoção de práticas de desmama corretas como as recomendadas pela publicação da Embrapa Pantanal sobre desmama precoce (DOC 162, 2014 – Embrapa Pantanal).

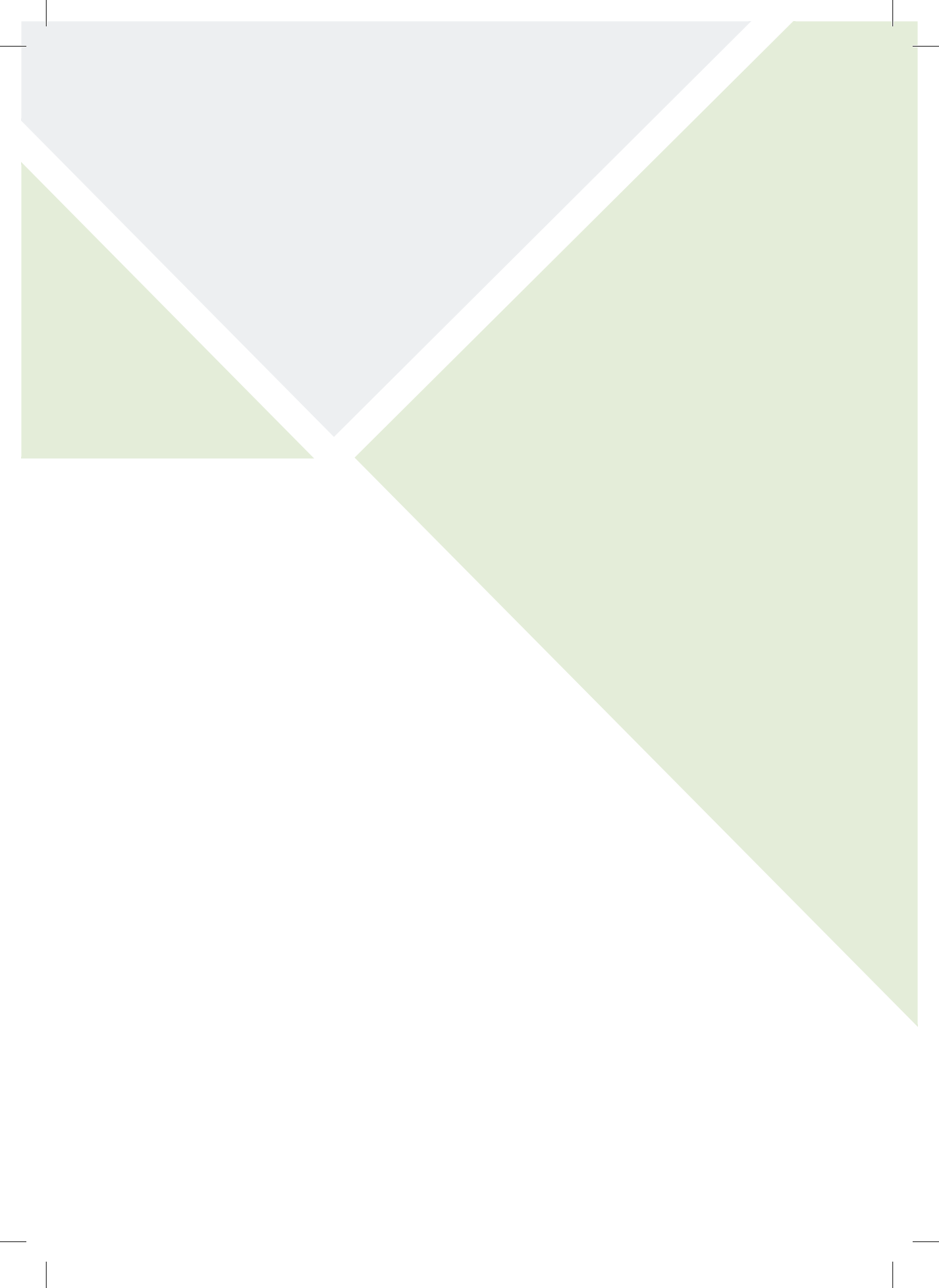
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição é a base para alcançar um bom desempenho reprodutivo do rebanho, por isso, encoraja-se o produtor a também buscar realizar um bom trabalho em termos de sanidade e genética. Apesar da vaca e do bezerro bem nutrido terem menos chances de apresentarem doenças que impactam o desempenho zootécnico, perdas por abortos e mortes de bezerros desvalorizam todo o investimento realizado em manejo nutricional. Além disso, a intensificação da reprodução em rebanhos bovinos é totalmente dependente do potencial genético para precocidade e habilidade materna, sendo que nenhum manejo nutricional consegue, de forma economicamente viável, diminuir a idade ao primeiro parto e aumentar as taxas de prenhez e de desmame, sem reprodutoras férteis e precoces sexualmente. Para o sucesso da fase de cria, também os touros devem receber atenção e acompanhamento nutricional, caso contrário, seu desenvolvimento, crescimento e desempenho reprodutivo podem ser prejudicados.

ANEXO

Uso de forno micro-ondas para medida da matéria seca de volumosos *in natura*

Sérgio Raposo de Medeiros



Um método de determinação de MS bastante prático e que pode ser feito na própria fazenda é a evaporação de toda a água da forragem através do aquecimento em forno de micro-ondas. A seguir são apresentadas a marcha analítica e algumas dicas para a realização desta determinação:

1) Material necessário

- Forno de micro-ondas com Prato Giratório
- Bandeja de material que não absorve água (Plástico, por exemplo).
- Copo comum
- Balança com precisão de, no mínimo, 0,1% do peso da amostra.
Exemplo: 50 g de amostra podem ser pesadas em uma balança com precisão de 0,050 g (50 mg).

2) Procedimento

- 1) Pese a *Bandeja* e anote o peso
- 2) Coloque uma amostra representativa do material a ser analisado sobre a *Bandeja*. Anote o peso da *Bandeja + Amostra*. (Ver item 3.1)
- 3) É necessário colocar um copo com água no forno de micro-ondas, que ajuda evitar que a amostra carbonize. (Ver item 3.2)
- 4) Coloque a *Bandeja + Amostra* no forno de micro-ondas.
- 5) Ajuste o temporizador do forno de micro-ondas para 3 minutos, na potência máxima e ligue-o.
- 6) Retire a *Bandeja + Amostra* do forno de micro-ondas. Pese e Anote.
- 7) Repita os itens “e” e “f” até que as leituras das pesagens repitam o mesmo valor por duas vezes (ou mais) ou que o valor não afete o cálculo em mais de 1% do valor da umidade.
- 8) Faça os cálculos conforme o item quatro.

3) Observações muito importantes

- 1) A quantidade mínima de Amostra é 25 g, mas pode ser preciso pesar mais em função da precisão da balança. Exemplo: Balança de 0,1 g (100 mg) de precisão, pesar no mínimo 100 g de amostra ($0,1\text{g} \div 0,1\% = 100\text{g}$).
- 2) Encher o copo d'água de tal forma que não haja possibilidade de espirrar água dele e mas que demore a ferver (Pode ser colocado um pouco de gelo junto).
- 3) É importante deixar a amostra de forma mais espalhada possível no recipiente, evitando deixar locais com excesso, onde pode ocorrer excessiva concentração de calor e queimar a amostra. É comum acontecer isso no centro da amostra. Assim, desde que se evite qualquer perda de amostra, pode ser interessante remexê-la.
- 4) A maioria das forragens não precisa ser picada para se determinar a umidade. A cana de açúcar é um dos exemplos de forragem que deve ser picada.
- 5) É possível, após ter mais experiência com o material que se está secando, aumentar o intervalo de tempo de 3 minutos, especialmente nos intervalos iniciais, quando há mais água no material. À medida que a amostra seca, gradualmente volta-se a encurtar os tempos menores (Exemplo: 9, 5, 4, 3, 3 min).

- 6) Essa metodologia não se aplica às forragens conservadas, porque há perda dos ácidos orgânicos. Ainda sim, pode ser usada caso queira-se ter uma idéia da MS destes materiais, desde que considere que o valor será subestimado em cerca de 5-10% da MS e que esse, por causa de valor carece de acurácia.

4) Cálculos

$$\% \text{ Água da amostra} = \frac{(\text{Peso Inicial da Amostra} - \text{Peso Final da Amostra})}{\text{Peso Inicial da Amostra}}$$

$$\text{Peso Inicial da Amostra} = (\text{Peso da Amostra} + \text{Peso da Bandeja}) - (\text{Peso da Bandeja})$$

$$\text{Peso Final da Amostra} = (\text{Peso da Amostra} + \text{Peso da Bandeja}, \text{ após peso constante}) - (\text{Peso da Bandeja})$$

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ Água da amostra}$$

Abaixo, um exemplo de determinação de matéria seca de cana-de-açúcar com folhas apresentando as anotações de pesagem e os cálculos.

Exemplo:

AMOSTRA	PESO DA BANDEJA	BANDEJA + AMOSTRA	PESO DA AMOSTRA
Cana – Inicial	50 g	150 g	100 g
Cana – 3'		121 g	71 g
Cana – 6'(3+3)		100 g	50 g
Cana – 9'(6+3)		91 g	41 g
Cana – 12'(9+3)		85 g	35 g
Cana – 15'(12+3)		80 g	30 g
Cana – 18'(15+3)		80 g	30 g

$$\text{Peso Inicial da Amostra} = (150\text{g} - 50\text{g}) = 100\text{g}$$

$$\text{Peso Final da Amostra} = (80\text{g} - 50\text{g}) = 30\text{g}$$

$$\% \text{ de Água da amostra} = \frac{(100\text{g} - 30\text{g})}{100\text{g}} \times 100 = \frac{70\text{g}}{100\text{g}} \times 100 = 70\%$$

$$\% \text{ MS} = 100 - \% \text{ Água da amostra} = 100 - 70 = 30\%$$

O material tem 30% de Matéria Seca na sua composição original.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. Piracicaba, SP, 2005. 181p. Tese (Doutorado em Agronomia com Área de Concentração em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- ALVES, P. A. M.; LIZIEIRI, R. S.; CAMPOS, O. F.; VIEIRA, M. A.; GALDINO JR, J. 1997. **Teste de um sucedâneo e um probiótico comerciais para bezerros de rebanhos leiteiros**. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., Juiz de Fora, 1997. Anais. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.221-223.
- BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T.A. **Nutrition management for enteric methane abatement: a review**. Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 48, n.2, p. 21-27, 2008.
- BERGMAN, E. N. **Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species**. Physiological Reviews, v.70, n.2, p.567-590, 1990.
- BOIN, C. **Formulação de ração para bovinos de corte em confinamento**. In: Peres, F.C.; Marques, P.V. Manual de cálculo de rações de custo mínimo, p. 141-166, FEALQ:Piracicaba, 1988.
- BULLE, M. L. M.; RIBEIRO, F. G.; LEME, P. R.; TITTO, E. A. L.; LANNA, D. P. D. **Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n1, p.444-450, 2002.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited Review: **Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation**. Journal of Dairy Science, 90:2580-2595.
- 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.
- COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: SINDIRAÇÕES/ANFAL; Campinas: CBNA/SDRMA, 1998. 371 P.
- DUCKETT, S.K. **Effects of nutrition and management practices on marbling deposition and composition**. <http://www.cabprogram.com/cab/sd/articles/duckett.html> (Acesso em 25/04/2003), 2000.
- DUFFIELD, T. F.; MERRILL, J. K.; BAGG, R. N. **Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake**. Journal of Animal Science, 90:4583-4592, 2012.
- EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S.R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2003 (Documento 139).
- EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. de. **Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem**. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 22, 2005, Piracicaba. Teoria e prática da produção animal em pastagens: anais. Piracicaba: Fealq, 2005. p.33-70.
- FOX, D. G.; TYLUKTI, M. E.; VAN AMBURGH; et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. Ani.Sci. Dept. Mimeo 213, Cornell University, Ithaca, NY.2000, 235 p.
- FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUKTI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. **The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. Animal Feed Science and Technology, 112:29-78, 2004.
- GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T.; RIGOLON, L. P.; DAMASCENO, J. C.; RIBAS, N. P.; VEIGA, D. R. **Efeito da adição de probióticos na dieta, sobre o estado sanitário e desempenho de bezerros da raça holandesa**. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34., Juiz de Fora, 1997. Anais. Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.218-220.
- GOODRICH, R. D.; GARRETT, J.E.; GAST, D.R.; KIRICK, M. A.; LARSON, D. A.; MEISKE, J.C. **Influence of monensin on the performance of cattle**. Journal of Animal Science, 58:1484-98, 1984.
- GOULART, R.C.D. **Avaliação de antimicrobianos como promotores de crescimento via mistura mineral para bovinos de corte em pastejo**. Tese (Ciência Animal e Pastagens). Universidade do Estado de São Paulo. ESALQ. 2010.
- GULATI, S. K.; ASHES, J. R.; RYDE, I.; SCOTT, T. W.; BROWN, G. H.; RICH, A. C.; RICH, J. C. **Fatty acid profile of adipose tissue and performance of feedlot steers supplemented with dehulled cottonseed and sunflower seed meal protected from ruminal metabolism**. Australian Journal of Agricultural Research, v.47, p.953-960, 1996.
- HESS, B. W.; MOSS, G. E.; RULE, D. C. **A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep**. Journal of Animal Science, v.86, p.E188-E204, 2008.

- HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; HORSTMAN, L.A. ; HENDRIX, K.S. and MOSS, G.E. **Effects of body composition, pre and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain.** J. Anim. Sci., v, 68, p.1438-1446, 1990.
- HUNTINGTON, G. B. **Grazing ruminant response to ionophores affected by management, environment.** Feedstuffs, 64:14-19, 1996.
- JENKINS, T. C.; PALMQUIST, D. L. **Protection of lipids with the formation of Ca-salts.** Journal of Dairy Science, v.63, p.1438-1445, 1984.
- JENKINS, T. C.; BATEMAN, H. G.; BLOCK, S. M. **Butylsoyamide increases unsaturation of fatty acids in plasma and milk of lactating dairy cows.** Journal of Dairy Science, v.79, p.438-445, 1996.
- KABAIJA, D.G.; SMITH, O.B. **Trace elements kinetics in the digestive tract of sheep fed diets with graded levels of dietary fiber.** Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 59:218-224, 1988.
- KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries.** International Feedstuffs Institute, Utah State University, Logan, Utah. 1982. 381 p.
- LANNA, D. P. D.; BOIN, C. **Efeito de bicarbonato de sódio, feno e bagaço “in natura” sobre a digestibilidade e o desempenho de zebuínos em crescimento alimentados com bagaço de cana auto-hidrolisado.** Anais Escola Superior Agricultura Luiz de Queiroz, 47:417-434, 1990.
- LAPIERRE, H.; LOBLEY, G.E. 2001. Nitrogen recycling in the ruminant. *J. Dairy Sci.* 84 (E Suppl.): E223-E236.
- LUZ, D. P. **Fração Nitrogenada de capins Tanzânia e Brachiaria brizantha com estimativa de energia de acordo com WEISS.** Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 69 p. Monografia 2003.
- MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. **Minerals for grazing ruminants in tropical region.** University of Florida, Gainesville, 1993.
- MERTENS, D. R. 1997. **Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows.** J. Dairy Sci. 80:1463-1481.
- MERTENS, D.R. **Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study.** Journal AOAC International, 85:1217-1240, 2002.
- NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. 1997. **Manipulation of ruminal fermentation.** Pages 523-632 in The Rumen Microbial Ecosystem. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Chapman and Hall, London, UK.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996. 242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle. 7th edition, revised.** Washington, D.C.: National Academic Press, 2000. 248 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle. 7th edition, revised.** National Research Council. National Academy Press, Washington, 2001. 408 p.
- NEWBOLD, C. J.; BROCK, R.; WALLACE, R. J. **Influence of autoclaved or irradiated Aspergillus oryzae fermentation extract on fermentation in the rumen simulation technique (Rusitec).** Journal of Agricultural Science, 116:159, 1991.
- NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. **Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition.** Journal of Dairy Science, v.74, n.10, p.3598-3629, 1991.
- NOGUEIRA, É. **Influências Nutricionais na Reprodução de Touro.** In: Thaís Basso Amaral, José Robson Bezerra Sereno, Aiesca Oliveira Pellegrin. (Org.). Fertilidade, Funcionalidade e Genética de Touro Zebuínos. 1ed. Corumbá- MS: Editora Embrapa, 2010, v. 1, p. 143-168.
- NUNEZ, A. J. C. **Uso combinado de ionóforos e virginiamicina em novilhos Nelore confinados com dieta de alto concentrado.** 2008. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. **Acidosis in Cattle: A Review.** Journal of Animal Science, 76:275-86, 1998.
- POTTER, E.E.; MULLER, R.D.; WRAY, M.L.; CARROLL, L.H.; MEYER, R.M. **Effect of monensin on the performance of cattle on pasture or fed harvested forages in confinement.** Journal of Animal Science, 62: 583-92, 1986.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 1987. **Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Subtropics.** p. 245. Penambul Books: Armidale, N.S.W.
- SILVA, A.E.D.F.; DODE, M.A.N.; UNANIAN, M.M. **Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidades e outros fatores que a influenciam.** Documento 51 Embrapa Gado de Corte, 1993, Campo Grande / MS. Acesso online: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc51/index.html>, em 20/10/2014.
- SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto.** 1999. 88f. Dissertação. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 1999.
- SMITH, D. **Removing and analysing carbohydrates from plant tissue.** Wisconsin Agric. Exp. Station Report no. R2107, Madison, 1981.
- VAN SOEST, P.J. **Nutrition Ecology of the Ruminant.** 2nd Edition Cornell University Press. Ithaca, NY. 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition.** Journal of Dairy Science, 74:3583-3597, 1991.
- WALLACE, R. J., NEWBOLD, C. J. 1993. **Rumen Fermentation and its manipulation: The development of yeast cultures as feed additives.** In : Biotechnology in the Feed Industry (Lyons TP, ed) Alltech Technical Publications, Kentucky, 173-192.
- WILLIAMS, P. E. V.; TAIT, C. A. G.; INNES, G. M.; NEWBOLD, C. J. **Effect of inclusion of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers.** Journal of Animal Science 69:3016-26.1991.