CAPÍTULO 1

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:

Valor Alimentar = Valor Nutritivo (teor de nutrientes) × 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

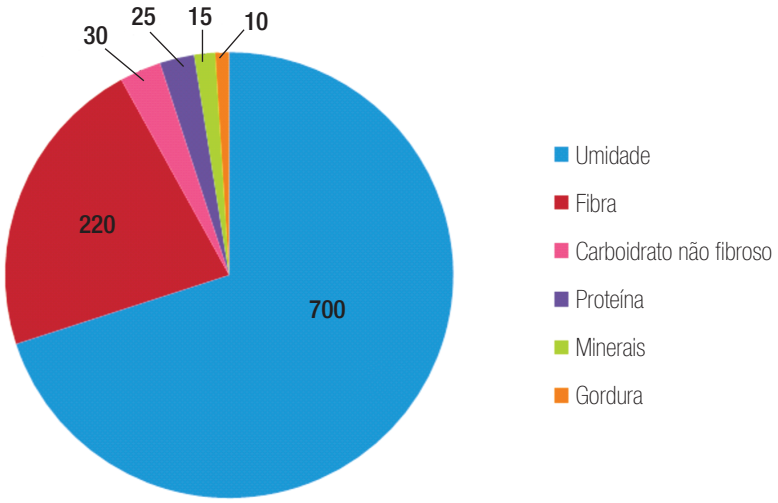

FIGURA 1.1.
Valores dos principais nutrientes de um 1 kg de uma forrageira tropical usada na alimentação de ruminantes.

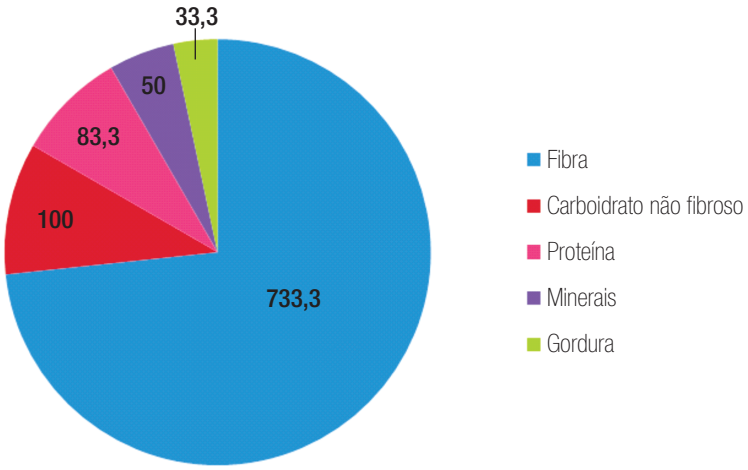

FIGURA 1.2.
Valores dos principais nutrientes de um 1 kg de uma forrageira tropical usada na alimentação de ruminantes, como apresentado na Figura 1.1, com exceção da água.

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% X 65%) ÷ 95% = 68,42% 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 50-65ºC, 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 105ºC. Ao final não apresenta água residual (ou apenas quantidade irrelevante), portanto, representa 100% de Matéria Seca.

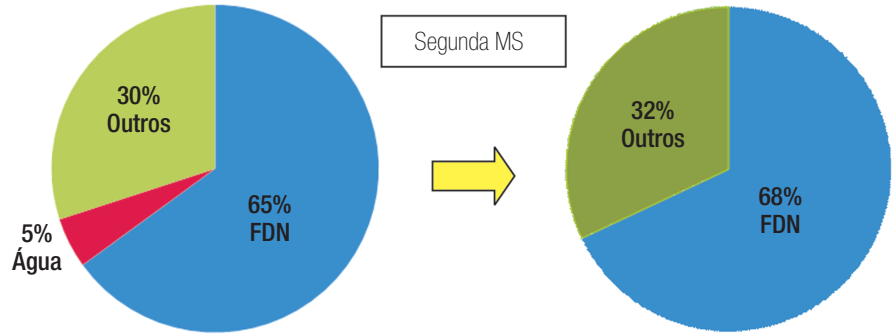

FIGURA 1.3.
Efeito da segunda MS no aumento dos teores percentual dos nutrientes nos resultados de análises bromatológicas.

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 kg MS ÷ 0,30 = 16,67 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

[1]IMS = 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:

3,37 g P-FDA ..... 100 g FDA

X g P-FDA ..... 39 g FDA em 100g de MS

X = (3,37 × 39)/100 = 1,31 g de PIDA em 100 g de MS

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 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 × 100 = 20,47 % 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:

100 – 20,47 = 79,53% → Esse valor corresponde à porcentagem de disponibilidade

6,40 × (79,53/100) = 5,09% de PBD

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.

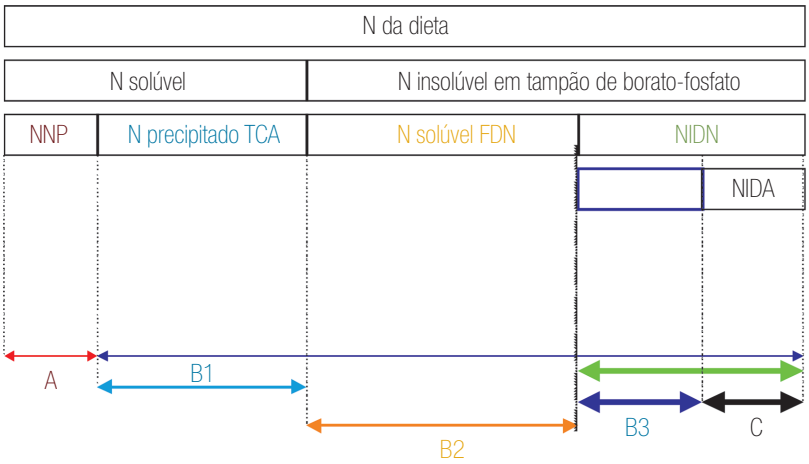

FIGURA 1.4.
Esquema do N dietético segundo a divisão proposta do modelo de Cornell (CNCPS v 6.0, Fox et al., 2000).

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 aceitemos 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 (FDNamo):* 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.

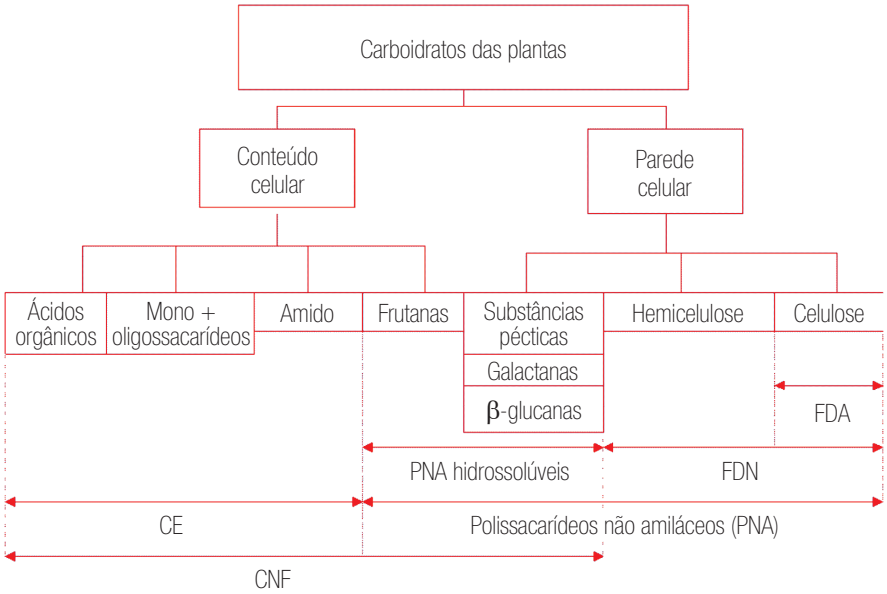

FIGURA 1.5.
Esquema dos carboidratos da planta segundo a divisão proposta do modelo de Cornell (Fox et al., 2000).

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:

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

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

[1]BTPV – 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.