

## Cálculos de consumo e digestibilidade de alimentos e nutrientes para ruminantes

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Técnico em agropecuária. Especialista em alimentos e alimentação animal e em Reprodução Animal. Pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA. Graduando em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: emanuel.isaque@ufrpe.br)

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 19/09/2023 – Revisado em: 23/11/2023 – Aceito em: 11/12/2023

### RESUMO

Os conhecimentos acerca do consumo de alimentos e de seus nutrientes, bem como da digestibilidade deste material é de suma importância na elaboração de dietas que supram as necessidades nutricionais dietéticas dos ruminantes, além de estabelecer os requisitos inerentes à produção destes animais que é a oferta de volumoso, isto é, de fibra em sua alimentação. Existe uma série de fatores que interferem na regulação do consumo de alimentos pelos animais ruminantes, entretanto o cerne deste trabalho é avaliar, a partir de uma dieta fornecida a uma espécie ruminante, a ingestão diária de nutrientes essenciais ao animal, bem como conferir a digestibilidade dos componentes nutricionais da dieta e saber o quanto desta será sumariamente aproveitada pelo animal para manutenção das suas funções fisiológicas básicas.

**Palavras-Chaves:** Consumo, Digestibilidade, Alimentos, Nutrientes, Ruminantes.

### Consumption and digestibility calculations of feeds and nutrients for ruminants

### ABSTRACT

Knowledges about the consumption of food and its nutrients, as well as the digestibility of this material, is of paramount importance in the preparation of diets that meet the dietary nutritional needs of ruminants, in addition to establishing the requirements inherent in the production of these animals, which is the offer of bulky, that is, fiber in your feeding. There are a number of factors that interfere with the regulation of food consumption by ruminant animals, however, the core of this work is to evaluate, from a diet supplied to a ruminant species, the daily intake of essential nutrients to the animal, as well as to check the digestibility nutritional components of the diet and to know how much of it will be summarily used by the animal to maintain its basic physiological functions.

**Keywords:** Consumption, Digestibility, Feeds, Nutrients, Ruminants.

## 1. Introdução

Na alimentação de animais ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos) é comum a utilização de uma série de ingredientes, tanto forragens *in natura* ou conservadas quanto concentrados energéticos, proteicos ou uma mistura de ambos. Essa complexa mistura é formada por ingredientes com diferentes composições bromatológicas e que fornecem diferentes níveis de digestibilidade, o que possui íntima relação com o consumo da mistura pelo animal.

Temos que o consumo de alimentos é o fator mais importante da nutrição animal, pois é ele que determina a ingestão de nutrientes o que é a base para o animal expressar seu potencial quanto ao desempenho para manutença, produção e/ou reprodução, em outras palavras, quando o animal consome um alimento ele ingere nutrientes para satisfazer suas necessidades de manutença e, posteriormente, para mobilizar os produtos da digestão dos nutrientes para síntese de seus produtos como carne, leite, pele, lã etc<sup>1</sup>.

Por sua vez, a digestibilidade e utilização dos nutrientes são descrições qualitativas do consumo líquido dos nutrientes<sup>2</sup>. Além disso, temos que o desempenho ou produção animal é uma relação entre o consumo de

Da Silva EIC. Cálculos de consumo e digestibilidade de alimentos e nutrientes para ruminantes *Revista Universitária Brasileira*. 2023;1(3):71 – 88.



matéria seca, valor nutritivo do alimento e a digestibilidade do alimento, logo se o animal consome o suficiente em um alimento com excelente valor nutritivo e com alta digestibilidade ele terá altos índices de desempenho.

## 2. Material e Métodos

Busca-se avaliar a ingestão de nutrientes e a digestibilidade destes nutrientes em dietas para ruminantes de acordo com dados filtrados em revistas científicas e livros que abordam sobre alimentação de animais ruminantes. Para isso, foram realizadas pesquisas em sites de indexação de trabalhos acadêmicos, dissertações, teses, artigos ou livros que abordassem, posteriormente filtrou-se os resultados em duas palavras-chave cerne deste trabalho que é consumo e digestibilidade.

Com isso, foram selecionados livros para a parte teórica do assunto, isto é, a revisão sobre o tema e, depois, trabalhos que apresentassem resultados e discussões para dietas que empregassem os métodos para determinação do consumo e da digestibilidade de diferentes nutrientes para animais ruminantes. Os trabalhos selecionados são da base de dados do Google Scholar, Semantic Scholar, SciELO, Mendeley e Science Open. Os critérios de seleção foram abordar no título as palavras-chave “consumo”, “nutrientes”, “digestibilidade” e “ruminantes”, onde a seleção levou em consideração a língua do trabalho e a avaliação CAPES da revista ou jornal.

## 3. Resultados e Discussão

Neste, divide-se em teoria com o cerne acerca do consumo e da digestibilidade e, posteriormente, com os dados de ambos, avalia-se duas dietas com diferentes ingredientes e fornecidas para caprinos com diferentes pesos corporais.

### 3.1 Consumo de alimentos por ruminantes

Em termos gerais, o consumo de alimentos é a quantidade de alimentos que o animal ingere por um determinado período de tempo, geralmente de 1 dia, sendo expresso de diferentes formas como por exemplo quantidades absolutas como quilograma de matéria seca por dia (kg MS/dia) ou por quantidades relativas como porcentagem do peso vivo (% PV) ou do peso metabólico (% PM), levando em consideração que este último é encontrado pelo peso vivo elevado a 0,75 ( $PV^{0,75}$ )<sup>3</sup>.

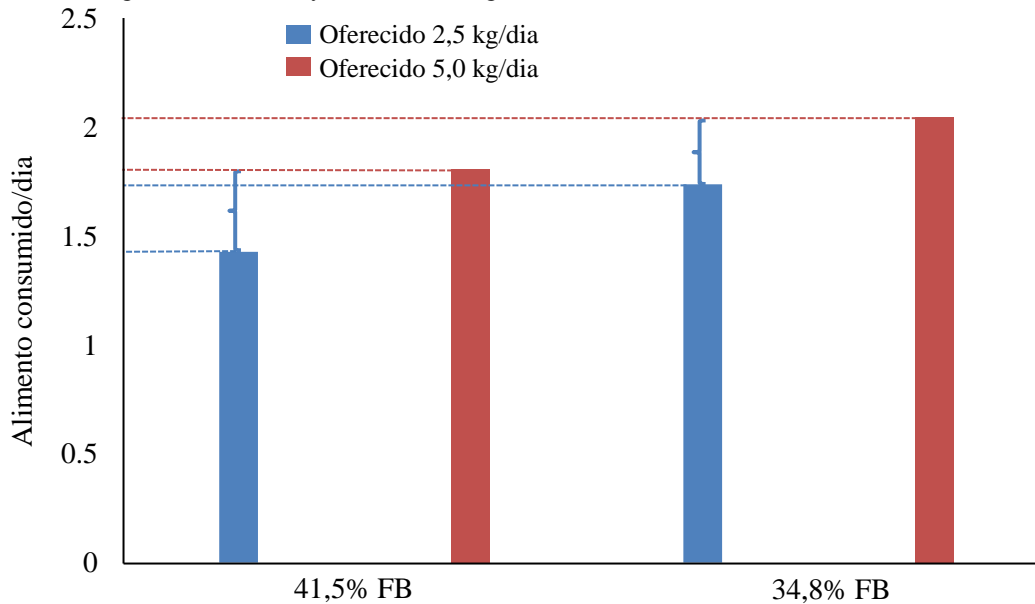
O consumo de alimentos é um fator determinante e provavelmente o mais importante para o desempenho animal<sup>3</sup>. É através da preensão dos alimentos, ou seja, do consumo de ingredientes que o ruminante pastejador, intermediário ou ramoneador supre suas necessidades dietéticas de nutrientes como proteína, energia e minerais<sup>4,5</sup>. Quanto mais o animal consumir um dado alimento, mais nutrientes será disponível, ou seja, a quantidade de alimento digerido está diretamente relacionada com o suprimento de nutrientes, sendo este último o fator de maior impacto para a maximização da produção e produtividade animal. Logo, quando se almeja um maior consumo de nutrientes é necessário aumentar o consumo de alimentos pelos animais, sendo necessário o fornecimento de alimentos com maior concentração de nutrientes como os concentrados energéticos e proteicos, bem como aumentar a eficiência da digestibilidade desses nutrientes, pois de nada vale alimentos ou concentrados comerciais com alto valor nutricional, porém com baixa digestibilidade, aqui o animal consome e defeca a maior parte desses nutrientes. Quaisquer que sejam o sistema de produção animal onde se anseia maximizar a produção através de seus produtos, se faz necessário traçar estratégias para aumentar o consumo de alimentos e o aproveitamento dos nutrientes destes<sup>1,3,4</sup>.

É necessário enfatizar que existem consumos com diferentes definições, por exemplo o consumo voluntário (CV) é a quantidade de alimento ingerida por um animal, ou grupo de animais, durante um período (usualmente um dia) no qual tenham livre acesso do alimento<sup>1</sup>, por exemplo sob pastejo que o animal tenha

livre acesso a gramíneas e consome até se sentir satisfeito, sendo assim, o CV se refere à quantidade de matéria seca (MS) máxima que o animal consome espontaneamente<sup>1</sup>.

Outro exemplo é o consumo potencial (CP) entendido como a quantidade de alimento que o animal consome para satisfazer suas necessidades nutricionais<sup>1</sup>. O CV pode ser menor que o CP diante alguns fatores dentre eles a composição física e química dos alimentos (Figura 1), bem como por algumas limitações como do ambiente e do próprio animal.

**Figura 1** – Consumo voluntário de alimentos em caprinos para atendimento das necessidades de fibra bruta  
Figure 1 – Voluntary food intake in goats for treatment of needs crude fiber



Fonte: Elaborado pelo autor  
Source: Elaborated by the autor

Conforme a figura 1 nota-se que mediante a quantidade de alimentos oferecida aos animais, a necessidade de fibra pode ser atendida ou não, isto é, animais que receberam 2,5 kg de alimento/dia consumiram quantidades diferentes de fibra, o que ratifica a ideia de que o CP pode ser menor que o CV, ou seja, o animal pode atingir seu máximo consumo, mas não atender as necessidades nutricionais correspondentes. É frisado na figura 1 que a composição dos alimentos possui relação com os atendimentos das necessidades dos animais, portanto animais consumindo menos podem atingir suas necessidades.

O consumo voluntário é influenciado por vários fatores inerentes à planta, ao animal, ao ambiente e ao manejo adotado<sup>1,2,6</sup>.

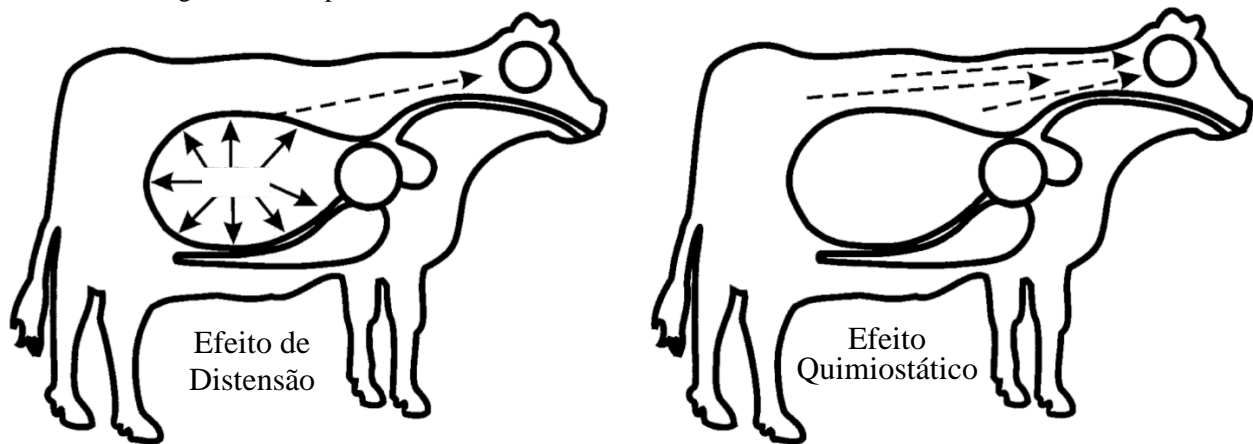
### 3.1.1 Mecanismos reguladores do consumo

Todos os efeitos de consumo voluntário são controlados pelo sistema nervoso central<sup>2</sup>. Existe uma série de mecanismos que regulam o consumo de alimentos nos animais, citando mecanismos metabólicos e físicos. Embora a ingestão de alimentos possa ser controlada no nível metabólico em ruminantes, os sinais provavelmente são diferentes dos encontrados em animais não ruminantes como aves e suínos. Os níveis de glicose absorvido pelo trato digestivo do ruminante são relativamente pequenos, logo é improvável que um mecanismo glicostático de controle da ingestão seja aplicado em ruminantes<sup>7</sup>.

Para Mertens (1994)<sup>6</sup> existe um padrão de mecanismos que regulam o consumo, sendo eles divididos em mecanismos de controle físico, fisiológico e psicogênico. No físico ocorre a distensão do retículo-rúmen em função do nível de fibra na ração<sup>6</sup>, onde o alto nível de fibra no rúmen, através dos alimentos volumosos, ativa receptores na parede retículo-ruminal e, por sua vez, ativam o nervo vago para sinalizar o “enchimento” do rúmen<sup>8</sup> (Figura 2). Quando a dieta dos animais é palatável, rica em fibra em detergente neutro (FDN) e baixa densidade energética quem regula o consumo é a distensão ruminal<sup>4</sup>. O fisiológico é regulado pelo atendimento da demanda energética<sup>6</sup>, mais expressivo em dietas concentradas como à base de milho e farelo de soja. O psicogênico é como em resposta do animal a fatores inibidores ou estimulantes do alimento, do ambiente ou manejo alimentar, tendo a palatabilidade das espécies vegetais o maior impacto na regulação psicogênica da ingestão de alimento<sup>1,6</sup>. É importante destacar que o CV de alimentos tende a aumentar à medida que a digestibilidade, ou seja, a densidade de energia aumenta<sup>9,10</sup>.

Nos ruminantes o mecanismo quimiostático (Figura 2) mais provável envolve os ácidos graxos voláteis absorvidos pelo epitélio ruminal<sup>7</sup>. Neste mecanismo o sinal de saciedade se dá como reflexo do acesso de um ou mais metabólitos na corrente sanguínea em uma taxa maior do que eles podem ser removidos<sup>4,6</sup>. O acetato e o propionato parecem exercer um papel importante no controle do tamanho das refeições<sup>4</sup>.

**Figura 2** – Comparação entre os efeitos de distensão e quimiostático no controle da ingestão  
Figure 2 – Comparison between effects of distention and chemostatic on intake control



Fonte: Fisher (2002)<sup>11</sup>  
Source: Fisher (2002)<sup>11</sup>

Existem outros fatores que possuem interferência na regulação do consumo voluntário como os neuro-hormonais representados pela leptina secretada em resposta a insulina e o glucagon liberado durante as refeições e em resposta aos ácidos graxos voláteis (AGV's); o grupo genético onde as raças mais pesadas que apresentam maior velocidade de ganho de peso na fase de crescimento consomem menos para cada quilograma de ganho de peso comparado com raças leves na mesma fase e faixa de peso<sup>12</sup>; o teor de proteína nos alimentos possui relação direta com o consumo em vacas lactantes mediante o aumento de proteína que é degradada no rúmen (PDR) e eficácia na digestibilidade dos alimentos<sup>13</sup>; a gordura é outro fator que, além de ser danosa para a população microbiana em quantidades acima de 7%, pode inibir a digestão da fibra o que possui efeito da distensão do rúmen-retículo causando o efeito de “enchimento” característico da regulação física<sup>13</sup>; por fim, os fatores ambientais, principalmente os relacionados à temperatura (Tabela 1), interferem no CV dos ruminantes à medida que uma mudança brusca na temperatura pode desestabilizar a homeotermia do animal<sup>13</sup>, em outras palavras, quando a temperatura ambiente está muito fria o animal tende a aumentar o consumo a fim de gerar calor através do metabolismo dos nutrientes, em contrapartida, em temperaturas elevadas o animal

consome menos para perder calor ao invés de gerar calor pelo metabolismo dos nutrientes contidos nos alimentos<sup>14</sup>.

**Tabela 1** – Variações no consumo voluntário de ração em função do estresse pela temperatura e clima  
Table 1 – Variations in voluntary feed intake according to stress by the temperature and climate

Condição do animal, temperatura e clima	Resposta
Estresse pelo calor (> 35°C)	Queda acentuada no consumo, principalmente com alta umidade e/ou radiação solar direta e quando esfria um pouco à noite. Diminuição de 10 a 35% do consumo total de ração quando os animais recebem todos os alimentos de que precisam. Quando o consumo está próximo do nível de manutenção — depressão de 5 a 20%.
Estresse médio pelo calor (25-35°C)	Queda de 3 a 10% no consumo.
Ambiente favorável (15-25°C)	O consumo tende a aumentar de 2 a 5%.
Frio (-5-10°C)	Aumento de 3 a 8% no consumo, provocando alterações digestivas em animais jovens.
Muita chuva	Queda temporal entre 10 a 30% no consumo.

**Fonte:** Adaptação de Young (1993) p. 534<sup>14</sup>  
Source: Adaptation of Young (1993) p. 534<sup>14</sup>

Existem ainda os fatores relacionados à dieta ao qual englobam o teor de digestibilidade da FDN que, como vimos supra, regula fisicamente o consumo através do “enchimento” do rúmen<sup>13</sup>; o tamanho da partícula do alimento onde a redução no tamanho pela moagem ou pelletização incrementa substancialmente o consumo de forragens e alimentos com muita fibra em sua composição<sup>2</sup>, enfatizando que o tamanho da partícula intervém na taxa de passagem pelo rúmen<sup>13</sup>, ou seja, partículas muito pequenas de volumosos podem não ser muito bem aproveitadas pela microbiota, perdendo-se os nutrientes contidos nesse material.

### 3.1.2 Predição do consumo voluntário de alimentos

Predizer o consumo de ração dos animais é de suma importância, uma vez que a maioria dos animais são manejados com alimentação *ad libitum* e a ingestão é um fator determinante do crescimento, composição corporal, deposição de gordura na carcaça e eficiência alimentar. Diferentemente do que se prevê no consumo de aves e suínos com soluções simples, a predição do CV para ruminantes é uma tarefa árdua e pode incluir uma série de variáveis. Por exemplo, em certos programas de alimentação para vacas em lactação são estimados o consumo potencial de forragem, o consumo de concentrado, o escore de condição corporal da vaca, peso vivo do animal, a energia produzida pelo leite, a semana de lactação, teor de amido da forragem e o teor de proteína do concentrado<sup>15</sup>.

Para Da Silva (2021)<sup>16</sup> os nutricionistas da área animal costumam usar “regras práticas” em relação ao máximo consumo de alimentos pelos ruminantes, por exemplo para ovinos e bovinos de corte o consumo ideal é entre 1,8 e 2,7% de seu peso vivo em matéria seca por dia, sendo este consumo subdividido em 1,8% do PV para rações de baixa qualidade, 2,0 a 2,5% para rações de qualidade mediana e 2,7% para rações de alta qualidade (concentrados comerciais, por exemplo). Neste contexto, um ovino de 45,6 kg de PV consumindo feno de gramínea com composição proteica e energética de média qualidade deve consumir entre 0,91 a 1,14 kg de MS/dia (45,6 x 2,0% e 45,6 x 2,5%).

Uma equação útil para prever o consumo de volumoso ou de rações mistas com FDN superior a 30% é a seguinte:

$$CVR (\%PV) = \frac{120}{\%FDN} (1)^8$$

Onde: CVr é o consumo voluntário de ração em porcentagem do peso vivo; %FDN é a porcentagem de fibra em detergente neutro da ração.

Para exemplificar, suponhamos uma dieta com 44,36% de FDN, o CVr será de 2,71% do PV (120/44,36), levando-se em consideração um caprino com 34,6 kg seu consumo voluntário de matéria seca deve ser de 0,94 kg/dia (34,6 x 2,71%).

### 3.2 Digestibilidade dos alimentos

Em termos mais simples, pode-se afirmar que a digestibilidade é o quanto de um alimento será aproveitado pelo animal<sup>17</sup>. É a fração de determinado alimento que aparentemente é aproveitada pelo animal, sendo a relação entre a quantidade de alimento consumido e o que é excretado<sup>18</sup>. Intimamente relacionada com a digestão, assume-se que a fração alimentar não presente nas fezes é a fração que fora absorvida pelas células intestinais do animal. A digestibilidade está intimamente relacionada com o teor de FB, ou mais precisamente, com o tipo de fibra presente em um dado alimento<sup>17</sup>. Tomando como base os volumosos, temos que a presença da lignina é um fator que resulta em baixa digestibilidade<sup>7,17</sup>. Portanto, assume-se que a digestibilidade provavelmente é o fator mais importante na eficiência de utilização dos alimentos e é uma característica inerente dos alimentos em grande medida<sup>19</sup>. Uma das importâncias da digestibilidade está relacionada ao desempenho animal, onde sabe-se que quem determina o desempenho animal são 70% relacionado ao consumo e 30% a digestibilidade<sup>7</sup>.

O conhecimento da eficácia no aproveitamento dos nutrientes fornecidos pela dieta é de suma importância para a avaliação do potencial nutricional da dieta<sup>3</sup>, sem esse conhecimento não saberíamos o quanto de uma dieta estaria sendo aproveitada e o quanto estaria sendo perdida pelas fezes, em resumo, perde-se dinheiro e os custos com a alimentação ficariam cada vez mais onerosos.

Em suma, assume-se que existe dois tipos de digestibilidade, a aparente e a verdadeira. A verdadeira é a quantidade de um dado nutriente alimentar que foi realmente absorvido pelo trato gastrintestinal (TGI) do animal. A aparente é a quantidade de alimento ou nutriente que é aparentemente absorvido pelo TGI conforme indicado pela ingestão menos a produção fecal; difere-se da verdadeira já que as fezes contêm substâncias derivadas da digestão, muitos produtos microbianos e várias secreções, bem como alimentos mal digeridos<sup>19</sup>. Como é uma fração ou uma proporção temos como medir a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes. O coeficiente de digestibilidade, muitas vezes expresso em g/kg ou %, é a proporção de um alimento, nutriente ou dieta, consumido que não é excretado nas fezes, assumindo-se como absorvida pelos enterócitos do intestino animal<sup>3</sup>. Se o intuito for calcular a digestibilidade da matéria seca (MS) é calculado de duas formas<sup>7</sup>:

$$DMS = \frac{CMS - EXCRETADO}{CMS} (2)$$

Onde: DMS é a digestibilidade da MS; CMS é o consumo de MS e o excretado a quantidade excretada nas fezes. Esta equação expressa quantidade em unidade adimensional.

$$DMS = \frac{CMS - EXCRETADO}{CMS} \times 100 (3)$$

Onde: esta equação expressa a digestibilidade da MS em porcentagem absoluta.

Para exemplificar suponha um lote de novilhas com consumo médio de 10 kg de feno com 90% de MS em sua composição, com excreção fecal média de 3 kg de MS, a digestibilidade do feno será:

Primeiro calcular a MS do feno: 10 kg de feno/90% MS = 9 kg, ou seja, o consumo médio é de 9 kg de MS de feno, então:

$$DMS = \frac{9-3}{9} = 0,667 \text{ ou } \left(\frac{9-3}{9}\right) \times 100 = 66,7\%$$

Em termos práticos, a cada 100 kg de matéria seca consumida pelas novilhas aparentemente elas absorvem 66,7 kg e excretam 33,3 kg.

No entanto, é necessário enfatizar que nos animais ruminantes há perdas gasosas pela fermentação microbiana no rúmen, portanto a matéria orgânica do alimento que se perde na forma gasosa não é recuperada nas fezes e nem é absorvida, sendo assim, isto superestima a digestibilidade; outro fator importante é que nem todos os constituintes das fezes são de origem dietética, havendo contribuições endógenas o que subestima a digestibilidade<sup>7</sup>. Logo há erros no conceito de digestibilidade aparente, a que fora demonstrada supra.

É crucial a diferenciação dos termos digestibilidade aparente e a verdadeira. A digestibilidade aparente não leva em consideração os erros mencionados supra, por sua vez a digestibilidade verdadeira ou real computa os erros apresentados pela contribuição endógena e é calculada da seguinte forma:

$$DMS = \frac{CONSUMO - (ET - EE)}{CONSUMO} \times 100 \quad (4)$$

Onde: ET é a excreção total e a EE é a excreção endógena.

Note que mesmo a digestibilidade verdadeira não leva em consideração as perdas ocorridas pela fermentação no rúmen. A excreção endógena é uma prática variável conforme o ingrediente que se utiliza, por exemplo, o organismo não produz celulose nem hemicelulose por isso não há excreção endógena destes compostos, logo a digestibilidade aparente destes é igual para a verdadeira ou real<sup>7</sup>. Não obstante, outros nutrientes podem ser excretados pelo animal, como exemplo os de formas nitrogenadas. Quando analisamos o nitrogênio (N) fecal notamos que há N provindo dos alimentos como dos alimentos proteicos e estes são definidos como N dietético, mas também é possível notar a presença de N endógeno provindo de proteínas do animal, de enzimas secretadas durante a digestão etc. Em suínos a forma N endógeno excretado pelo animal é de 2 a 2,5 g para cada quilo de MS consumida<sup>20</sup>, já para ruminantes a excreção é de 4,3 a 6,6 g de N endógeno para cada quilo de MS consumida<sup>21</sup>.

Para exemplificar um caso prático McDonald et al. (2022) apresentam um ensaio de digestibilidade conduzido com quatro ovelhas para determinar a digestibilidade de um feno durante um período de 10 dias. O consumo de ração e a produção fecal foram registrados e o feno e as fezes foram analisados em laboratório, o que resultou nos dados apresentados na tabela 2<sup>7</sup>.

**Tabela 2** – Cálculo dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes do feno fornecido para ovinos  
Table 2 – Calculation of the nutrient digestibility coefficients of hay fed to sheep

	MS	MO	PB	EE	FDA
1. Análise de nutrientes (g/kg MS)					
Feno		919	93	15	350
Fezes		870	110	15	317
2. Fluxo de nutrientes (kg/dia MS)					

Consumo	1,63	1,50	0,151	0,024	0,570
Produção fecal	0,76	0,66	0,084	0,011	0,241
Absorção	0,87	0,84	0,067	0,013	0,330
3. Coeficientes de digestibilidade	0,534	0,560	0,444	0,541	0,579
4. Nutrientes digestíveis (g/kg MS)	-	515	41	8	203

**Notas:**

1. A ingestão média de matéria seca (MS) de feno foi de 1,63 kg/dia e a produção média de MS fecal foi de 0,76 kg/dia. A composição química do feno e das fezes é apresentada na Seção 1.
2. A partir da ingestão de MS, produção fecal de MS e composição química do feno e das fezes, as quantidades de nutrientes individuais consumidos, excretados e (por diferença) absorvidos podem ser calculados (Seção 2). Por exemplo: MOfeno:  $1,63 \times 91,9\% = 1,50$ ; PBfeno:  $1,63 \times 9,3\% = 0,151$  e assim por diante.
3. Os coeficientes de digestibilidade para cada nutriente podem ser calculados expressando a quantidade de cada nutriente absorvida proporcionalmente à quantidade consumida (ex.  $DMS = 0,87/1,63 = 0,534$  ou  $[(1,63 - 0,76)/1,63] = 0,534$ ;  $DMO = 0,84/1,50 = 0,560$  ou  $[(1,50 - 0,66)/1,50] = 0,560$ , Seção 3).
4. Finalmente, a composição do feno pode ser expressa em termos de nutrientes digestíveis (por exemplo, matéria orgânica digestível =  $919 \times 0,560 = 515$  g/kg MS, Seção 4). Para obter dados em porcentagem absoluta pode-se utilizar a equação 3, por exemplo:  $MS_{feno} = [(1,63 - 0,76)/1,63] \times 100 = 53,4\%$ .

**Fonte:** Adaptação de McDonald et al. (2022) p. 251<sup>7</sup>

Source: Adaptation of McDonald et al. (2022) p. 251<sup>7</sup>

É necessário enfatizar que existem uma série de fatores que influenciam positiva ou negativamente o coeficiente de digestibilidade de um alimento ou dos nutrientes contidos neste<sup>3,7</sup>.

É importante ressaltar que após a exposição da equação é necessário abaixo da mesma a explicação de cada componente da mesma de modo a revelar ao autor os processos e as explicações matemáticas.

### 3.2.1 Fatores que afetam a digestibilidade

Existem os fatores inerentes ao animal como a idade e a espécie, e os fatores inerentes ao alimento como sua composição química, composição da dieta, processamento, nível alimentar tempo de adaptação e o pH ruminal, no caso das espécies ruminantes de produção<sup>7,23</sup>.

Nos fatores inerentes ao animal assume-se que a capacidade digestiva depende da espécie, ou seja, búfalos maior que bovinos que possui maior que caprinos e ovinos. Vale ressaltar que animais mais velhos, isto é, maduros têm maior capacidade digestiva quando comparados aos animais jovens<sup>3,23</sup>. As diferenças na capacidade digestiva entre ovinos e bovinos tendem a ser pequenas e pouco significativas, sendo assim, os coeficientes de digestibilidade podem ser determinados tanto para os bovinos como para os ovinos. Não obstante, alimentos altamente digeríveis, como os grãos de milho, tendem a ser melhor digeridos nos ovinos, e os alimentos pouco digeríveis, como os volumosos como feno ou silagem de baixa qualidade, tendem a ser melhor digeridos pelos bovinos; com isso conclui-se que os valores de digestibilidade determinados em ovinos nem sempre são aplicáveis para os bovinos<sup>7,23</sup>.

A idade do animal também interfere no potencial de digestibilidade. Por exemplo, em pré-ruminantes, a ausência de grandes populações de microrganismos no rúmen ainda em desenvolvimento faz com que se diminua a digestibilidade da fibra. Em animais adultos, a fibra é potencialmente digerida dada a presença da microbiota ruminal. Animais adultos têm maior capacidade digestiva comparados a animais jovens. Por sua vez, animais velhos os valores de digestibilidade são baixos em comparação com animais em crescimento<sup>4,5,7,23</sup>.



Ainda como fatores que interferem na digestibilidade dos nutrientes temos a composição química dos alimentos, principalmente a fração fibrosa que limita o potencial de digestão no trato gastrointestinal do ruminantes, por exemplo a cada 1% de adição de fibra na dieta reduz-se até 0,8% a digestibilidade; o estágio de maturação das forrageiras, ou seja, forrageiras jovens tendem a apresentar maior grau de digestibilidade e aproveitamento em comparação com plantas em estágio avançado; a presença de fatores antinutricionais como silício e taninos que reduzem a digestibilidade; o efeito associativo entre mistura de ingredientes, por exemplo, forragem e concentrado ao qual um dos alimentos diminui a digestibilidade de outro, em que a digestão da fibra da forragem é afetada pelo teor de lipídios e deficiência de minerais e nitrogênio, um exemplo de efeito associativo negativo, por sua vez, em um efeito positivo a associação de dois ou mais alimentos faz com que um dos alimentos provoque o aumento da digestibilidade do outro, por exemplo o aumento do teor de proteínas (concentrado proteico) aumenta a digestão das fibras; o processamento do alimento, por exemplo partículas menores tendem a ser mais bem digeridas e aproveitadas; o nível alimentar, isto é, quanto maior a ingestão de alimentos pelo animal menor é o tempo de exposição às enzimas digestivas ou a microbiota, logo, haverá uma redução na digestibilidade, portanto, há uma relação em que em regime *ad libitum* onde há maior quantidade de ingestão alimentar e maior taxa de passagem haverá menor digestibilidade, no entanto, em regime de restrição alimentar onde há menor ingestão de alimento e menor tempo de passagem haverá maior digestibilidade; o tempo de adaptação menor a uma dieta resulta em menor digestibilidade; o pH ruminal interfere na digestibilidade a ponto que o pH ótimo para a digestão da fibra é de 6,6, uma redução de 0,1 ponto no pH a partir de 6,3 resulta em depressão de 3,6% na digestibilidade da FDA dos alimentos; por fim, temos que as doenças, a intensidade do trabalho e a individualidade também são fatores que interferem no potencial de digestibilidade<sup>7,23</sup>.

A digestibilidade dos elementos minerais é afetada pela secreção e excreção destes elementos no trato digestivo, a forma do elemento, interação com outros componentes da dieta e o estado fisiológico do animal<sup>7</sup>.

### 3.3 Métodos para determinação da digestibilidade

#### 3.3.1 “In vivo” coleta pontual de fezes

Neste, têm-se o controle do consumo dada a concentração do indicador no alimento, e é feita uma amostragem pontual das fezes dado a presença ou concentração do indicador nas fezes, ou seja, indicador ou marcador é indigestível. É calculado através da fórmula<sup>24,25</sup>:

$$DMS = 100 - 100 \times \left( \frac{CI \text{ alimento}}{CI \text{ fezes}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Onde: CI alimento é a concentração do indicador no alimento e CI fezes é a concentração do indicador nas fezes.

Para a digestibilidade de um nutriente tem-se:

$$DN = 100 - 100 \times \left( \frac{CI \text{ alimento}}{CI \text{ fezes}} \right) \times \left( \frac{CN \text{ fezes}}{CN \text{ alimento}} \right) \quad (6)$$

Onde: DN é a digestibilidade do nutriente X, CN fezes é a concentração do nutriente nas fezes e CN alimento é a concentração do nutriente nas fezes.

Vamos a um exemplo, dados:

- Concentração de cromo (Cr) no alimento = 0,04% da MS

- Concentração de Cr nas fezes = 0,12% da MS
  - Concentração de proteína bruta (PB) no alimento = 9% da MS
  - Concentração de PB nas fezes = 11% da MS
- Qual a digestibilidade da MS? Utilizando a equação 5, teremos:

$$D_{MS} = 100 - 100 \times \left( \frac{0,04}{0,12} \right) \times 100 = 66,67\%$$

Qual a digestibilidade da PB? Utilizando a equação 6, teremos:

$$D_{PB} = 100 - 100 \times \left( \frac{0,04}{0,12} \right) \times \left( \frac{11}{9} \right) = 59,26\%$$

### 3.3.2 Método da diferença

Método mais usado devido a facilidade de realização e menor tempo de execução<sup>24,25</sup>. É calculado através da fórmula:

$$D_{\text{alimento}} = \frac{D_{\text{dieta}} - (1 - \text{Palimento}) \times D_{\text{forragem}}}{\text{Palimento}} \times 100 \quad (7)$$

Onde:  $D_{\text{alimento}}$  é a digestibilidade do alimento,  $D_{\text{dieta}}$  é a digestibilidade da dieta,  $\text{Palimento}$  é a proporção do alimento (que pode ser um ou uma mistura de concentrado),  $D_{\text{forragem}}$  é a digestibilidade da forragem.

Vamos a um exemplo, dados:

- Consumo = 2,0 kg de feno e 0,5 kg de concentrado
- Produção fecal = 2,5 kg
- $MS_{\text{feno}} = 80\%$
- $MS_{\text{concentrado}} = 90\%$
- $MS_{\text{fezes}} = 30\%$
- Digestibilidade do feno = 60%

Qual a digestibilidade da MS do concentrado em uma dieta constituída por feno e concentrado?

- O primeiro passo é corrigir pela MS:

\* Consumo = kg de feno x %MS feno + kg de conc. X %MS conc. =  $2 \times 0,8 + 0,5 \times 0,9 = 1,6 + 0,45 = 2,05$  kg de MS;

\* Excreção = kg de fezes x %MS fezes =  $2,5 \times 0,3 = 0,75$  kg de MS

- O segundo passo é determinar a digestibilidade da dieta:

\*  $D_{\text{dieta}} = (CMS - PMSF)/CMS \times 100$ , onde CMS é o consumo de matéria seca e PMSF é a produção de matéria seca fecal, logo:  $(2,05 - 0,75)/2,05 = 63,41\%$ .

- O terceiro passo é calcular a digestibilidade da MS do concentrado. Antes, devemos saber a proporção do alimento que é MS do alimento/ $CMS \times 100$ , ou seja,  $0,45/2,05 \times 100 = 21,95\%$ . Através da equação 7, temos:

$$D_{\text{Conc.}} = \frac{[0,6341 - ((1 - 0,2195) \times 0,6)]}{0,2195} \times 100 = 75,53\%$$

Vamos a outro exemplo, dados:

- Consumo = 2,0 kg de feno e 0,5 kg de concentrado
- Produção fecal = 2,5 kg

- MS<sub>feno</sub> = 80%
- MS<sub>concentrado</sub> = 90%
- MS<sub>fezes</sub> = 30%
- Digestibilidade da PB<sub>feno</sub> = 65%
- PB<sub>feno</sub> = 10%
- PB<sub>conc.</sub> = 40%
- PB<sub>fezes</sub> = 12%

Qual a digestibilidade da PB do concentrado em uma dieta constituída por feno e concentrado?

- O primeiro passo é corrigir pela MS e pela PB:

\* Consumo = kg feno x MS feno x PB feno + kg conc. x MS conc. x PB conc. = 2 x 0,8 x 0,1 + 0,5 x 0,9 x 0,4 = 0,16 + 0,18 = 0,34 kg de PB

\* Excreção = 2,5 x 0,3 x 0,12 = 0,09 kg de PB

- Digestibilidade da PB<sub>dieta</sub> = (0,34 – 0,09)/0,34 x 100 = 73,53%.

- Digestibilidade da PB<sub>conc.</sub>, sabendo que a proporção do concentrado é 52,94% (0,18/0,34 x 100), e pela equação:

$$DPB_{conc.} = \frac{DPB \text{ da dieta} - (1 - P \text{ do concentrado}) \times DPB \text{ do feno}}{\text{Proporção do concentrado}}, \text{ então:}$$

$$DPB_{conc.} = \frac{[0,7353 - ((1 - 0,5294) \times 0,65)]}{0,5294} \times 100 = 81,11\%$$

### 3.3.3 Avaliação energética e NDT

A energia utilizável do alimento é expressa como energia digestível (ED), podendo ser também expressa em nutrientes digestíveis totais (NDT). Através dos cálculos sabemos que 1 g de NDT equivale a 4,409 kcal de ED ou 1 kg NDT = 4,409 Mcal de ED. Tradicionalmente, o NDT tem sido calculado como:

$$NDT = PBd + (2,25 \times EEd) + FDNd + CNFd \quad (8)$$

Onde: NDT é nutrientes digestíveis totais, PBd é a proteína bruta digestível, EEd é o extrato etéreo digestível, FDNd é a fibra em detergente neutro digestível e CNFd são os carboidratos não fibrosos digestíveis.

Para entender a utilização e importância da equação 8 vamos aos cálculos:

- a) Um ovino Dorper de 60 kg de peso vivo (PV) na minha propriedade consumiu 2,0 kg de feno e produziu cerca de 2,4 kg de fezes. Conforme os dados da tabela 3 sobre a composição do feno e das fezes, calcular a digestibilidade dos nutrientes e o teor de NDT e ED.

**Tabela 3 – Composição do feno e das fezes**  
Table 3 – Composition of the hay and feces

Item	MS %	MO	PB	EE % da MS	FDN	CNF	EB kcal/g MS
Feno	88,5	92,5	8,8	1,9	71,3	11,2	4,5
Fezes	30,5	87,8	10,1	1,9	72,5	3,0	4,0

Fonte: Da Silva (2021)<sup>26</sup>  
Source: Da Silva (2021)<sup>26</sup>

1º passo: unificar as unidades para consumo e excreção:

- Consumo: 2,0 kg de feno = 2,0 kg x 88,5% MS/100 = 1,77 kg de MS de feno
- PMSF: 2 kg de fezes = 2,4 x 30,5%/100 = 0,73 kg de MS de fezes

2º passo: calcular a quantidade de nutrientes consumidos e excretados, pela fórmula: CMS x %MS do nutriente:

CONSUMO		EXCREÇÃO	
MO = 1,77 x 0,925 = 1,64 kg		MO = 0,73 x 0,878 = 0,64 kg	
PB = 1,77 x 0,088 = 0,16 kg		PB = 0,73 x 0,101 = 0,07 kg	
EE = 1,77 x 0,019 = 0,03 kg		EE = 0,73 x 0,019 = 0,01 kg	
FDN = 1,77 x 0,713 = 1,26 kg		FDN = 0,73 x 0,725 = 0,53 kg	
CNF = 1,77 x 0,112 = 0,20 kg		CNF = 0,73 x 0,03 = 0,02 kg	
EB = 1,77 x 4500 = 7965 kcal		EB = 0,73 x 4300 = 2920 kcal	

3º passo: calcular os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes conforme equação 3, sabendo também que o saldo consumo menos a excreção é a absorção. No coeficiente, usando a equação 3 ou consumo pela absorção x 100, por exemplo: Eq. 2:  $[(1,77 - 0,73)/1,77] = 0,588$  ou  $1,77/0,73 \times 100 = 58,8\%$ .

Item	MS	MO	PB	EE	FDN	CNF	EB
	kg/dia						kcal/dia
Consumo	1,77	1,64	0,16	0,03	1,26	0,20	7965
Excreção	0,73	0,64	0,07	0,01	0,53	0,02	2920
Absorção	1,04	1,00	0,09	0,02	0,73	0,18	5045
Coefic. de dig. (%)	58,8	61	56,3	66,7	57,9	90	63,3

4º passo: calcular o teor de NDT através dos dados do passo 3:

- Para isso calcular teor em % do nutriente vezes o teor em % do coeficiente de digestibilidade, por exemplo: MO = 92,5 x 61% = 56,4; PB = 8,8 x 56,3% = 5,0; EB = 4,5 x 63,3% = 2,85 e assim por diante, obtendo:

NDT	MS	MO	PB	EE	FDN	CNF	EB
	58,8	56,4	5,0	1,3	41,3	10,1	2,85

Pela equação 8 determinamos o valor do NDT:

$$\text{NDT} = 5,0 + (2,25 \times 1,3) + 41,3 + 10,1 = 59,3\%$$

Para determinar ED, lembrar que 1 g de NDT equivale 4,409 kcal de ED, logo:  $59,3/100 \times 4,409 = 2,61$  kcal/g de MS de ED.

### 3.4 Cálculo de consumo e digestibilidade

De posse das fórmulas e de uma base teórica sobre o consumo e a digestibilidade de nutrientes em animais ruminantes, vejamos um exemplo prático para compreensão final do leitor deste material. Observe as tabelas 4 e 5 e exercitaremos o que se pede.

**Tabela 4:** Composição percentual de ingredientes da dieta, peso corporal do animal e quantidades das dietas ofertadas, das sobras e das fezes

Table 4 – Percentage composition of dietary ingredients, animal body weight and quantities of diets offered, leftovers and feces

<b>Ingredientes</b>	<b>(% da matéria seca da dieta)</b>
Palma forrageira	60
Casca de soja	25
Farelo de soja	15
Peso do animal	34,2 kg
<b>Componentes</b>	<b>(g de matéria natural)</b>
Quantidade ofertada	10020
Quantidade de sobras	3598
Quantidade de fezes	997

O que os dados da tabela 4 representam?

- É importante destacar que cada ingrediente será composto por um percentual com base na matéria seca (MS), ou seja, a palma irá compor 60% da MS da dieta, a casca de soja 25% e o farelo de soja 15%, no entanto estes valores mudam conforme a base na matéria natural ou orgânica, para achar a porcentagem com base na matéria natural dividimos a porcentagem em MS pelo teor de matéria seca do ingrediente. Para exemplificar, supomos que o milho de uma ração irá compor 60% e possui 90% de matéria seca, a inclusão com base na MN será 66,7% ( $60/0,9 = 66,7$ ).
- 10020 g de MN significa o valor ofertado aos animais, que consumiram e sobraram 3598 g no cocho e os animais defecaram 997 g.
- Esses valores serão de suma importância para a elaboração dos cálculos.

**Tabela 5:** Composição química dos ingredientes e sobras  
Table 5 – Chemical composition of the ingredients and leftovers

<b>Item</b>	<b>MS (%)<sup>1</sup></b>	<b>MO (%)<sup>2</sup></b>	<b>PB (%)<sup>2</sup></b>	<b>FDN (%)<sup>2</sup></b>	<b>CNF (%)<sup>2</sup></b>
Palma forrageira	8,07	88,97	5,27	26,95	54,88
Casca de soja	90,22	95,38	15,86	71,3	6,47
Farelo de soja	88,89	93,13	50,15	15,23	26,03
Sobras	12,8	90,7	9,9	42,0	36,4

<sup>1</sup> Porcentagem com base na matéria natural

<sup>2</sup> Porcentagem com base na matéria seca

Qual a composição química da dieta?

- Primeiro calculamos a quantidade de MS em kg para quantidade de MN em kg da seguinte maneira: *quantidade de MS do ingrediente dividido pela porcentagem de MS do ingrediente*, logo, teremos:

Palma:  $60/8,07\%$  ou  $60/0,0807 = 743,49$  kg de MN

Casca de soja:  $25/90,22\%$  ou  $25/0,9022 = 27,71$  kg MN

Farelo de soja:  $15/88,89\%$  ou  $15/0,8889 = 16,88$  kg MN

- Segundo, calcularemos o teor de MS em % dessa dieta através do cálculo:  $MS(\%) = 100$  dividido pela soma do cálculo anterior ( $743,49 + 27,71 + 16,88 = 788,08$ ) vezes 100, obtendo:

$$MS(\%) = \frac{100}{788,08} \times 100 = 12,69 \text{ ou } 12,7\%$$

- Temos a quantidade dos ingredientes na MN e o teor de MS da dieta, agora vamos calcular o teor de nutrientes em %. Para isso basta calcular da seguinte forma: Quantidade de MS do ingrediente x Teor do nutriente expresso em % dividido por 100, para cada ingrediente da dieta. Vamos aos cálculos:

#### Matéria Orgânica:

- Palma:  $60 \times 88,97/100 = 53,38$

- Casca:  $25 \times 95,38/100 = 23,8$

- Farelo:  $15 \times 93,13/100 = 14$

MO em % da dieta é:  $53,38 + 23,8 + 14 = 91,2\%$

#### Proteína Bruta:

- Palma:  $60 \times 5,27/100 = 3,16\%$

- Casca:  $25 \times 15,86/100 = 4,00\%$

- Farelo:  $15 \times 50,15/100 = 7,50\%$

PB em % da dieta é:  $3,16 + 4,00 + 7,50 = 14,66$  ou  $14,7\%$

#### Fibra em Detergente Neutro:

- Palma:  $60 \times 26,95/100 = 16,17\%$

- Casca:  $25 \times 71,30/100 = 17,82\%$

- Farelo:  $15 \times 15,23/100 = 2,28\%$

FDN em % da dieta é:  $16,17 + 17,82 + 2,28 = 36,27$  ou  $36,3\%$

#### Carboidratos Não-Fibrosos:

- Palma:  $60 \times 54,88/100 = 32,93\%$

- Casca:  $25 \times 6,47/100 = 1,62\%$

- Farelo:  $15 \times 26,05/100 = 3,91\%$

CNF em % da dieta é:  $32,93 + 1,62 + 3,91 = 38,46$  ou  $38,5\%$

Usando os dados acima a composição da dieta será a apresenta na tabela 6.

**Tabela 6:** Composição química da dieta fornecida aos animais

Table 6 – Chemical composition of the diet fed to animals

MS (%) <sup>1</sup>	MO (%) <sup>2</sup>	PB (%) <sup>2</sup>	FDN (%) <sup>2</sup>	CNF (%) <sup>2</sup>
12,7	91,2	14,7	36,3	38,5

<sup>1</sup> Porcentagem com base na matéria natural

<sup>2</sup> Porcentagem com base na matéria seca

- Para fixar o assunto e utilizar os dados supra, vamos exercitar!
- a) **Calcular o consumo da matéria seca (CMS) (expresso em gramas por dia, % do peso corporal (ou peso vivo) e gramas por kg de peso metabólico (PM); da matéria orgânica (em g/d), da proteína bruta (em g/d), da fibra em detergente neutro (em g/d e % do peso corporal (PC)) e carboidrato não fibroso (em g/d):**

O primeiro passo é calcular o CMS das diferentes formas que se pede na questão, logo:

1. Calcular o CMS em g/dia: *(quantidade de MN fornecida x MS da dieta) – (Quantidade de sobras x MS das sobras)*, logo:

$$\text{CMS (g/dia)} = (10020 \times 12,7\%) - (3598 \times 12,8\%) = 1272,54 - 460,54 = 812 \text{ g/dia}$$

2. Calcular o CMS em % do peso corporal (PC): *(CMS em kg x 100)/peso do animal*, logo:
- 3.

$$\text{CMS (\% do PC)} = (0,812 \times 100)/34,2 = 2,37\% \text{ do PC}$$

4. Calcular o CMS em g/kg de peso metabólico: *(CMS em g/PM)*, logo:  
Peso metabólico =  $\text{PC}^{0,75}$ , então:

$$\text{PM} = 34,2^{0,75} = 14,14 \text{ kg, agora:}$$

$$\text{CMS (\% do PM)} = 812/14,14 = 57,43 \text{ g/kg de PM}$$

Calculamos a primeira parte, agora vamos calcular as demais:

5. Calcular a MO em g/dia: *(quantidade de MS fornecida que foi 1272,54 vezes o teor do nutriente da dieta em % dividido por 100) – (Quantidade de MS das sobras que foi 460,54 vezes o teor do nutriente da sobra):*

$$\text{MO (g/dia)} = (1272,54 \times 91,2/100) - (460,54 \times 90,7/100) = 742,85 \text{ ou } 743 \text{ g/dia}$$

6. Calcular a PB em g/dia seguido o mesmo raciocínio:

$$\text{PB (g/dia)} = (1272,54 \times 14,7/100) - (460,54 \times 9,9/100) = 141,46 \text{ ou } 141,5 \text{ g/dia}$$

7. Calcular a FDN em g/dia e depois em % do PC:

$$6.1 - \text{FDN (g/dia)} = (1272,54 \times 36,3/100) - (460,54 \times 42/100) = 268,5 \text{ g/dia}$$

$$6.2 - \text{FDN (\% PC)} = (\text{FDN de g/dia para kg} \times 100/\text{peso do animal}) = (0,2685 \times 100)/34,2 = 0,785 \text{ ou } 0,79\% \text{ do PC}$$

8. Calcular CNF em g/dia:

$$\text{CNF (g/dia)} = (1272,54 \times 38,5/100) - (460,54 \times 36,4/100) = 322,3 \text{ g/dia}$$

Montamos a tabela 7 com a ingestão de matéria seca e de nutrientes com a solução da questão a):

**Tabela 7:** Resultado final do cálculo de consumo de matéria seca e nutrientes  
 Table 7 – Final result of the calculation of dry matter and nutrient consumption

CMS (g/dia)	CMS (% PC)	CMS (% PM)	CMO (g/dia)	CPB (g/dia)	CFDN (g/dia)	CFDN (% PC)	CCNF (g/dia)
812	2,37	57,43	743	141,5	268,5	0,79	322,3

A letra C na frente indica CONSUMO, por exemplo: CMS = consumo de matéria seca, CPB = consumo de proteína bruta, CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos.

Exercitaremos agora cálculo de digestibilidade:

Para calcular digestibilidade é necessário ter em mãos a composição das fezes, logo:

**Tabela 8:** Composição das fezes do animal recebendo a dieta da tabela 4  
 Table 8 – Composition of the feces of the animal receiving the diet in table 4

Item	MS (%) <sup>1</sup>	MO (%) <sup>2</sup>	PB (%) <sup>2</sup>	FDN (%) <sup>2</sup>	CNF (%) <sup>2</sup>
Fezes	23,7	84,2	11,8	62,5	5,5

<sup>1</sup> Porcentagem com base na matéria natural

<sup>2</sup> Porcentagem com base na matéria seca

**b) Calcular a digestibilidade (expresso em % e g/kg) da matéria seca, da matéria orgânica, da proteína bruta e da fibra em detergente neutro:**

Para a realização dos cálculos usaremos os dados das tabelas 7 e 8. Via de regra, a digestibilidade é encontrada através da fórmula:

$$\text{Dig.} = \left[ \frac{(\text{nutriente fornecido} - \text{nutriente das sobras}) - \text{nutriente excretado}}{(\text{nutriente oferecido} - \text{nutriente das sobras})} \right] \times 100$$

O primeiro passo de todos é encontrar a PMSF (produção de matéria seca fecal) através da fórmula: produção de fezes na MN (tabela 1) vezes a MS das fezes (tabela 5), logo:

$$\text{PMSF} = 997 \times 23,7\% = 236,6 \text{ g}$$

Agora que temos a PMSF vamos aos cálculos:

- Dig. da MS em %:  $[(\text{CMS} - \text{PMSF})/\text{CMS}] \times 100 \rightarrow [(812 - 236,6)/812] \times 100 = 70,86$  ou 70,9%; os demais cálculos a fórmula muda:
- Dig. da MO em %:  $[(\text{CMO} - (\text{PMSF} \times \text{MO das fezes em \%})/\text{CMO}] \times 100 \rightarrow [(743 - (236,6 \times 84,2\%)/743] \times 100 = 73,19$  ou 73,2%
- Dig. da PB em %:  $[(\text{CPB} - (\text{PMSF} \times \text{PB fezes em \%})/\text{CPB}] \times 100 \rightarrow [(141,5 - (236,6 \times 11,8\%)/141,5] \times 100 = 80,27$  ou 80,3%
- Dig. da FDN em %:  $[(\text{CFDN} - (\text{PMSF} \times \text{FDN fezes em \%})/\text{CFDN}] \times 100 \rightarrow [(268,5 - (236,6 \times 62,5\%)/268,5] \times 100 = 44,92$  ou 44,9%
- Dig. do CNF em %:  $[(\text{CCNF} - (\text{PMSF} \times \text{FDN fezes em \%})/\text{CCNF}] \times 100 \rightarrow [(322,3 - (236,6 \times 5,5\%)/322,3] \times 100 = 95,96$  ou 96%

Calculamos a primeira parte da questão b) que é calcular a digestibilidade de todos os nutrientes em percentual, agora vamos calcular em g/kg. Existe duas formas de encontrar a digestibilidade em g/kg, a primeira por regra de três e a segunda multiplicando cada % encontrada por 10, vamos exemplificar as duas



formas:

- Dig. MS de % para g/kg:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ g} \text{ ----- } 70,9 \text{ g de MS} \\ 1000 \text{ g} \text{ ----- } x \\ x = 1000 \times 70,9/100 \rightarrow x = 709 \text{ g/kg} \end{array}$$

ou:

$$70,9 \times 10 = 709 \text{ g/kg}$$

Para economizar tempo vamos multiplicar cada digestibilidade em % encontrada por 10, logo:

- Dig. MO de % para g/kg:  $73,2 \times 10 = 732 \text{ g/kg}$
- Dig. PB de % para g/kg:  $80,3 \times 10 = 803 \text{ g/kg}$
- Dig. FDN de % para g/kg:  $44,9 \times 10 = 449 \text{ g/kg}$
- Dig. CNF de % para g/kg:  $96 \times 10 = 960 \text{ g/kg}$

Vamos montar a tabela com os dados em % e depois g/kg para organização dos dados e melhor compreensão:

**Tabela 9:** Digestibilidade dos nutrientes da dieta da tabela 6

Table 9 – Nutrients digestibility of the diet of table 6

<b>Digestibilidade (%)</b>				
<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>PB</b>	<b>FDN</b>	<b>CNF</b>
70,9	73,2	80,3	44,9	96
<b>Digestibilidade (g/kg)</b>				
<b>MS</b>	<b>MO</b>	<b>PB</b>	<b>FDN</b>	<b>CNF</b>
709	732	803	449	960

Observações importantes: Dados dos resultados, isto é, dos cálculos podem diferenciar quanto as casas decimais de acordo com a decisão de quem realizá-lo.

#### 4. Conclusão

Notadamente, o desempenho de animais ruminantes, ou não ruminantes, é determinado pelos fatores de consumo e de digestibilidade, ou seja, da qualidade do ingrediente ou ração consumida em harmonia com a digestibilidade dos nutrientes existentes nestes. De fato, quanto maior o consumo e maior a digestibilidade melhor será o desempenho de ganho de peso e características de qualidade da carne dos animais que consumirem esta ração.

#### 5. Agradecimentos

Agradecimentos especiais para duas ex-orientandas minhas, Alana Thaís Mayza da Silva que hoje está cursando Medicina na UFPE, e maior ainda para Eduarda Carvalho da Silva Fontain que hoje faz parte da minha vida consueto. Ambas participaram dos mecanismos de busca de material para a elaboração deste trabalho.

## 6. Referências

1. Forbes JM. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2ª ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2007.
2. Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2ª ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994.
3. Araújo LF, Zanetti MA (Eds.). *Nutrição Animal*. 1ª ed. Barueri, SP: Manole, 2019.
4. Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG (Eds.). *Nutrição de ruminantes*. 2ª ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2011.
5. Teixeira JC. *Nutrição de ruminantes*. 1ª ed. Lavras, MG: FAEPE, 1992.
6. Mertens DR. Regulation of forage intake. In: Farhey Junior GC (Ed.). *Forage quality evaluation and utilization*. 1ª ed. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of American/Soil Science Society of American, 1994. p.450-493.
7. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, et al. *Animal nutrition*. 8ª ed. New York, NY: Pearson, 2022.
8. Hynd PI. *Animal nutrition: from theory to practice*. 1ª ed. Melbourne, AUS: CSIRO Publishing, 2019.
9. Blaxter KL, Wainman FW, Wilson RS. The regulation of food intake by sheep. *Anim Produc*. 1961;3(1):51-61. doi:10.1017/s0003356100033766.
10. Blaxter KL, Wilson RS. The voluntary intake of roughages by steers. *Anim Produc*. 1962;4(3):351-358.
11. Fisher DS. A review of a few key factors regulating voluntary feed intake in ruminants. *Crop Sci*. 2002;42(5):1651-1655.
12. Mason IL. Comparative beef performance of the large cattle breeds of Western Europe. *Anim Breed Abs*. 1971;39(1):1-29.
13. Nascimento ML, Farjalla B, Nascimento JL. Consumo voluntário de bovinos. *Rev Eletron Vet*. 2009;10(10):1-27.
14. Young BA. Influencia del estres ambiental sobre las necesidades nutritivas. In: Church DC (Ed.). *El ruminante: fisiología digestiva y nutrición*. 1ª ed. Zaragoza, ES: Editorial Acribia, 1993. p. 525-538.
15. Thomas C. *Feed into milk: a new applied feeding system for dairy cows*. 1ª ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2004.
16. Da Silva EIC. *Formulação e fabricação de rações para ruminantes*. 1ª ed. Belo Jardim, PE: Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2021.
17. Nunes IJ. *Nutrição animal básica*. 2ª ed. Belo Horizonte, MG: FEP-MVZ Editora, 1998.
18. Neumann M. Avaliação, composição, digestibilidade e aspectos metabólicos da fibra em monogástricos e ruminantes. In: *SEMINÁRIO DE BIOQUÍMICA DO TECIDO ANIMAL*. Programa de pós-graduação em ciências veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 34 p.
19. Chiba LI. *Animal nutrition handbook*. 2ª ed. 2009.
21. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of swine*. 11ª ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012.
21. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8ª ed. Washington, DC: National Academy Press, 2016.
22. Valadares Filho SC, Paulino MF, Valadares RFD, et al. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Rev Bras Zootec*. 2005;34(1):268-279. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000100031>.
23. Patil PV, Patil MK. Factors affecting nutrient digestibility in animals. *Just Agric*. 2022;2(7):1-6.
24. Givens DI, Owen E, Axford RFE, et al. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. 1ª ed. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000.
25. Wiseman J, Cole DJA. *Feedstuff evaluation*. 1ª ed. Londres, UK: Butterworths, 1990.
24. Da Silva EIC. *Formulação de ração para ovinos*. 1ª ed. Belo Jardim, PE: IPA, 2021.
25. Valadares Filho SC, Silva LFC, Gionbelli MP, et al. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR Corte*. 4ª ed. Viçosa: INCT Ciência Animal, 2023.