



IFPE – *Campus* Belo Jardim
Curso Técnico em Agropecuária



**MÉTODOS DE FORMULAÇÃO E BALANCEAMENTO DE
RAÇÕES PARA BOVINOS**



EMANUEL ISAQUE CORDEIRO DA SILVA
Técnico em Agropecuária – IFPE
Bacharelado em Zootecnia – UFRPE



Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
*Técnico em Agropecuária e Acadêmico em Zootecnia
IPA e Embrapa Semiárido*

Métodos de Formulação e Balanceamento de Rações para Bovinos



XXXX Silva, Emanuel Isaque Cordeiro da

Métodos de Formulação e Balanceamento de Rações para Bovinos/ Emanuel Isaque Cordeiro da Silva. – Belo Jardim, 2021.

90f. il.:

Instituto Federal de Pernambuco – Belo Jardim. Instituto Agrônômico de Pernambuco.

Livro (Cursos Técnico em Agropecuária e Graduação em Zootecnia. **Campus Belo Jardim - IFPE / Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Sede.**

1. Formulação 2. Balanceamento 3. Alimentos 4. Rações 5. Bovinos I. Título.

CTA/DEPAGRO/IFPE

CDU: 1ª.ed. XXXXXXXXX

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
1. GENERALIDADES	7
1.1 Balanceamento de rações	7
1.2 Consumo de MS	9
1.3 Necessidades de água	11
1.4 Atividade de fixação	14
2. REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DOS BOVINOS	15
2.1 Proteína e energia	15
2.1.1 Fontes de energia e proteína na ração	16
2.2 Requerimentos nutricionais dos bovinos de corte	16
2.2 Requerimentos nutricionais de bovinos leiteiros	20
2.3 Atividade de fixação	26
3. COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS PARA OS BOVINOS	27
4. SELEÇÃO ECONÔMICA DE INGREDIENTES PARA RAÇÕES	36
4.1 Uso do computador	36
4.2 Valor nutricional parcial	36
4.3 Relação valor nutricional parcial/preço comercial	37
4.4 Seleção econômica do farelo de trigo	37
4.5 Atividade de fixação	39
5. MÉTODOS DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES	40
5.1 Procedimentos para o balanceamento de rações	40
a) caracterização dos animais	40
b) obtenção das exigências nutricionais	41
c) levantamento e quantificação dos alimentos disponíveis	41
d) levantamento da composição bromatológica	41
e) Balanceamento da ração	41
f) ajuste final	41
g) programa de alimentação	41
5.2 Métodos usados no balanceamento	41
5.2.1 Método da tentativa	42
5.2.2 Método do quadrado de Pearson	51
5.2.3 Método do processo algébrico	72
5.2.4 Método da computação ou programação linear	81
5.3 Atividade de fixação	88

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
emanuel.isaque@ufrpe.br
(82)98143-8399



CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: água utilizada no metabolismo	12
Tabela 2: porcentagem de proteína em rações para bovinos	15
Tabela 3: necessidades diárias de gado de corte em crescimento	16
Tabela 4: necessidades nutricionais de gado de corte em crescimento (base na MS da ração).....	17
Tabela 5: necessidades nutricionais diárias do gado de corte adulto	18
Tabela 6: necessidades nutricionais diárias do gado de corte adulto (base na MS da ração).....	18
Tabela 7: necessidades minerais de bovinos de corte em crescimento	19
Tabela 8: necessidades minerais de bovinos de corte (base na MS)	20
Tabela 9: necessidades nutricionais diárias do gado leiteiro em crescimento – novilhas	21
Tabela 10: necessidades nutricionais diárias do gado leiteiro em crescimento – novilhos	22
Tabela 11: necessidades nutricionais diárias de vacas leiteiras.....	23
Tabela 12: necessidades nutricionais diárias de touros	24
Tabela 13: necessidades minerais de bovinos leiteiros	24
Tabela 14: composição bromatológica de alimentos para bovinos	28



FORMULAÇÃO E BALANCEAMENTO DE RAÇÃO PARA BOVINOS

INTRODUÇÃO

A maioria dos alimentos que os bovinos de corte e leite consomem são os alimentos volumosos (forragens, gramíneas ou leguminosas) que é um alimento que possui teor de fibra detergente neutra (FDN) $\geq 25\%$ da matéria seca (MS), ou teor de fibra $\geq 18\%$ da MS. Por possuir grande quantidade de fibra em sua composição é um alimento que possui menor concentração de proteínas, carboidratos não estruturais (CNE) e lipídios. Para que um animal possa manter-se com alimentação volumosa, é necessário a ingestão de grande quantidade desse material. Quando os bovinos recebem apenas forragens, não conseguem ingerir o suficiente para obter a energia, proteínas, minerais e vitaminas necessárias para converter os nutrientes em produtos (carne, leite etc.). Assim, faz-se necessário a inclusão de uma fonte alimentar concentrada em nutrientes na dieta dos bovinos. O alimento concentrado é aquele que contém menor teor de FDN $< 25\%$ ou teor de fibra bruta (FB) $< 18\%$. Logo, pelo baixo teor de fibras é um alimento rico em energia e/ou proteínas. Divide-se em concentrados proteicos, os que possuem um teor de proteína bruta (PB) $> 20\%$ da MS e em concentrados energéticos, os que possuem $< 20\%$ de PB da MS.

Para suprir todas as necessidades de manutenção, crescimento, reprodução e produção, os bovinos devem receber alimentos suficientes e que forneçam a quantidade necessária dos nutrientes exigidos pelos animais em função da aptidão, estado fisiológico, categoria etc.

Nutrientes fornecidos pela dieta (kg/dia) = necessidades dos bovinos (kg/dia)

A formulação de rações consiste em combinar, nas quantidades necessárias, os alimentos que serão oferecidos para suprir as necessidades diárias do animal. Uma ração balanceada é aquela que fornece ao animal as proporções e quantidades corretas de todos os nutrientes necessários por um período de 24 horas.

Às vezes, o criador possui controle total sobre os tipos e proporções de vários alimentos que compõem a ração. É o caso dos animais em sistema de confinamento, onde se conhece todo e qualquer alimento que o animal ingere e sua respectiva exigência, o que torna a formulação fácil. No entanto, balancear a ração, às vezes, é uma tarefa difícil. Normalmente, os animais em

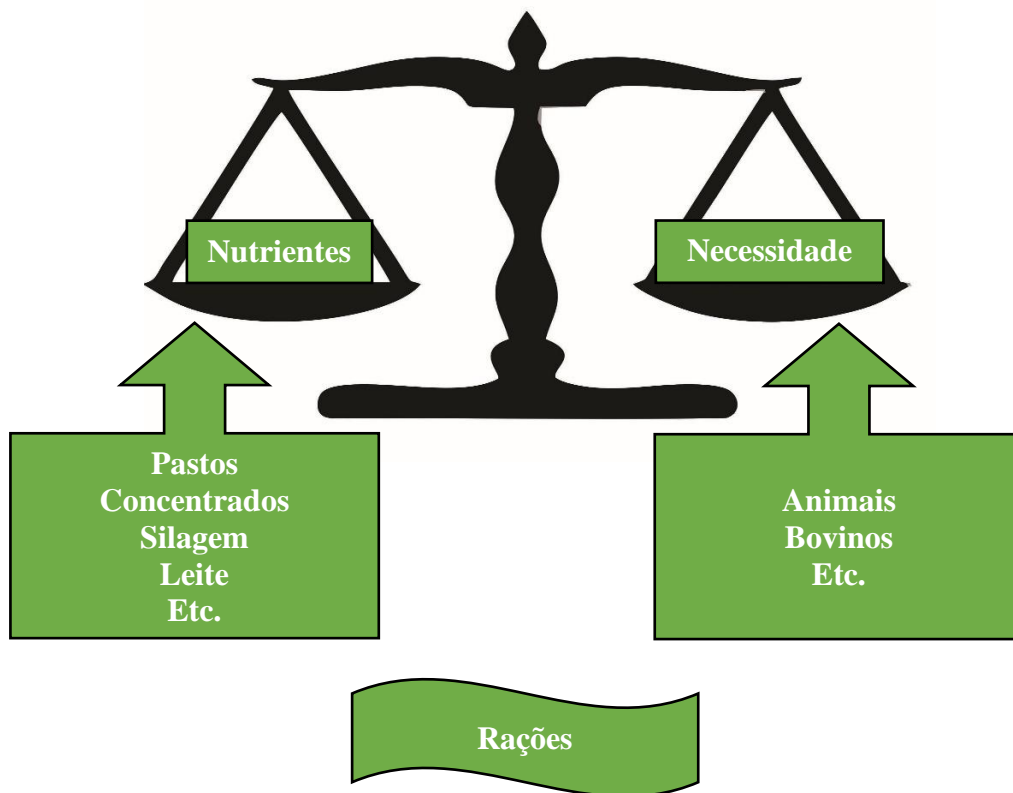
pastejo podem escolher não apenas a quantidade de pasto que consomem, mas também a sua composição. Os animais podem selecionar várias partes da planta e rejeitar outras.

Para elaborar um programa alimentar, utilizando os métodos de formulação e balanceamento de rações é necessário, inicialmente, da explanação de alguns conceitos-chave da nutrição e, sem dúvidas, do entendimento e conhecimento das exigências nutricionais dos animais em função da idade, da raça, do estado fisiológico etc., além da composição bromatológica dos alimentos disponíveis para os animais.

Sendo assim, a finalidade desse trabalho, em suma, é a explanação de conceitos-chave da nutrição, bem como da elaboração de tabelas dos requerimentos nutricionais diários dos animais, além da elaboração, alicerçado pela literatura disponível, da composição bromatológica dos alimentos, em especial do conteúdo proteico e energético dos mesmos.

Por fim, conhecendo a composição dos alimentos e as exigências dos animais de acordo com a categoria, é realizado o balanço para saber, finalmente, se os alimentos suprem os requisitos dos animais e, se não atender os requerimentos, seja necessária uma adição suplementar para suprir todos os requerimentos para que os animais possam se manter e produzir, sempre visando uma elaboração alimentar econômica e viável tanto para os grandes pecuaristas quanto aos pequenos criadores.

1. GENERALIDADES



1.1 Balanceamento de rações

Consiste na preparação de alimentos suficientemente nutritivos que cumpram com os requerimentos proteicos, energéticos, vitamínicos e minerais dos animais. Sendo assim, nos deparamos com alguns questionamentos, dentre eles a importância do balanceamento. Quando uma ração não está equilibrada há um excesso e/ou deficiência de determinados nutrientes. Alguns desequilíbrios possuem consequências drásticas e se não forem corrigidos podem causar até a morte do animal (por exemplo, um desequilíbrio de Ca próximo ao parto pode causar a febre do leite e morte do animal se não for tratado imediatamente). Alguns sintomas observados no animal podem auxiliar na identificação dos desequilíbrios, principalmente sintomas relacionados à carência de vitaminas e minerais. No entanto, outros desequilíbrios são difíceis de identificar, uma vez que resultam de algum grau de perda de desempenho. Os bovinos não têm um desempenho tão bom quanto seu potencial genético permitiria quando há algum desequilíbrio na ração.

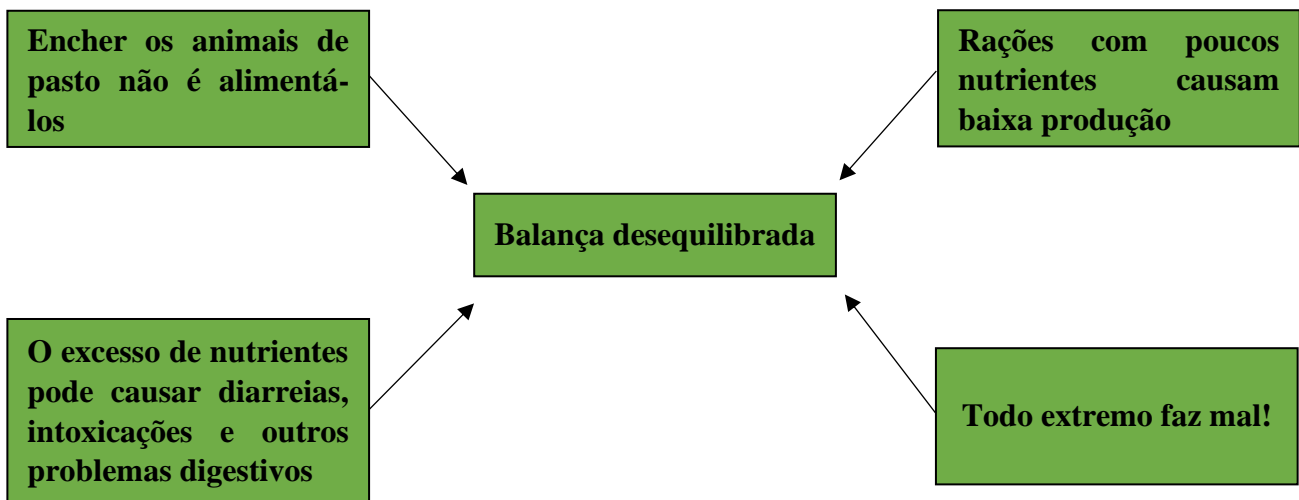
Os desequilíbrios tendem a afetar os animais com alto potencial genético. Nem todos os desequilíbrios alimentares possuem consequências devastadoras, mas todo desequilíbrio

nutricional é economicamente inaceitável, uma vez que produz uma perda de produção e perda de nutrientes que poderiam ser utilizados efetivamente pelos animais para suas funções básicas.

Como já bem sabemos, tudo isso serve para:

- Manter a sanidade dos animais;
- Alcançar melhor produção e produtividade láctea e carne;
- Produzir animais com melhor padrão de carcaça etc.

O desequilíbrio também coincidirá com outros pontos:



Do que citamos, deparamo-nos com as seguintes inquietações:

1. Sabemos que tipo de alimentação uma vaca leiteira em produção necessita?
2. Será a mesma alimentação que se administra a um reprodutor (touro)?
3. É o mesmo tipo de alimentação de um bezerro em crescimento?

Sabemos, então, que não são as mesmas uma vez que as necessidades orgânicas são diferentes. A alimentação dos animais é diferente, pois uns crescem, outros produzem e outros reproduzem.

Antes de balancear uma ração, faz-se necessário o conhecimento prévio de suma importância para que se realize a operação:

- A capacidade de consumo de matéria seca (MS) dos bovinos
- O consumo diário de água

Não devemos esquecer das proteínas, da energia e dos atributos de uma boa ração.

Existe uma série de características que desejamos em uma ração, para que ela seja bem equilibrada e possa dar os resultados que supram os objetivos preconizados nas normas e

atendam aos anseios econômicos do produtor. Dentre as características desejáveis podemos citar:

- Proporção adequada de nutrientes;
- Economicidade;
- Boa palatabilidade;
- Comunicar aspectos desejáveis à carcaça ou produtos;
- Possuir um teor de FB adequado ao tipo ou categoria animal;
- Ter uma forma física adequada aos vários tipos de animais (farelada, peletizada etc.)

1.2 Consumo de MS

Matéria seca é a razão do alimento desprovido de umidade. Por exemplo, quando corta-se o capim e expõe-se o mesmo ao sol, irá murchar e logo sua cor mudará de verde para um café ou amarelo escuro em consequência da maior perda de água presente na composição.

Quanto mais exposta ao calor mais seca a forragem ficará e esse conteúdo é o que se denomina de matéria seca. Por exemplo, quando o grão de milho perde toda água contida nele sua matéria seca é de 88%, aproximadamente.

Cada pasto possui uma porcentagem diferente de umidade e varia em função da idade. Logo, podemos concluir que pastagens jovens possuem mais suculência (maior quantidade de água) e os pastos mais velhos possuem menor suculência, fazendo com que os bovinos prefiram ingerir os pastos mais jovens por possuírem melhor palatabilidade e degustação ao animal.

A



B



Em A podemos observar um pasto velho com uma característica mais seca, ou seja, com uma menor quantidade de água. Por outro lado, em B podemos observar um pasto mais jovem, com maior porcentagem de água em sua composição.

Agora, vamos conhecer o consumo de MS pelos bovinos. Na teoria, e recomendável, para cada 100 kg de peso vivo (PV), o bovino deve consumir o equivalente de MS entre 1,8 e 3,5 kg, ou seja, é o mesmo que dizer de 1,8 a 3,5% do PV. Esses valores nos indicam que um animal jovem consome menor matéria seca e vice-versa, e animais adultos consomem maior quantidade de MS. O consumo de MS varia em função do peso do animal, do estado fisiológico e da porcentagem de digestibilidade do alimento, por exemplo, bovinos de até 600 kg podem consumir até 10,5 kg/dia de MS sob um pasto com digestibilidade de 80%. Como regra geral, para saber com que ponto de escala se considera 1,8 e 3,5% usa-se:

Para:

- Vaca em produção leiteira = 3,2% (vaca com 500 kg, 3,2% equivale a 16 kg de MS/dia)
- Vaca adulta e grande = 3,3 ou 3,4%
- Novilhas (os) com 300 kg = 2,8% (2,8% de 300 kg equivale a 8,4 kg de MS/dia)

Exemplos:

- 1) Uma bezerra pesa 120 kg. Qual a quantidade de MS que ela deverá consumir?

$$\begin{array}{l} 120 \text{ kg bezerra} \text{ ----- } 100\% \text{ (correspondente)} \\ X \text{ kg de MS} \text{ ----- } 2,7\%^1 \end{array}$$

¹ - a maioria das pastagens possuem essa porcentagem de MS

Pelos cálculos vamos obter:

$$X = \frac{120 \times 2,7}{100} = 3,24 \text{ kg de MS}$$

Sendo assim, a bezerra deverá consumir 3,24 kg de MS/dia. Temos uma umidade média de 80% o que indica que o restante é de material seco.

$$\begin{array}{l} 3,24 \text{ kg} \text{ ----- } 20\% \text{ correspondente} \\ X \text{ ----- } 80\% \text{ umidade} \\ X = \frac{3,24 \times 80}{20} = 12,96 \text{ kg de água} \end{array}$$

Agora água + material seco:

3,24 kg de MS + 12,96 kg de água = 16,2 kg de forragem verde para a bezerra de 120 kg de PV.

As forragens nunca se encontram em forma de material seco e sim de material verde, indicando-nos a presença de água entre 65 e 85% de sua composição.

Mas, como conhecer com exatidão a umidade ou a presença de água de um produto?
Métodos de Formulação e Balanceamento de Ração para Bovinos – E. I. C. da SILVA

Para se conhecer com exatidão o teor de umidade de um determinado alimento, pode-se seguir os seguintes passos:

1. Separar 1 kg de forragem
2. Pôr no sol ou em um forno para desidratar até que esteja seco o bastante como para moer
3. Pesá-lo e o peso que diminuiu será o conteúdo de água que continha

Exemplo:

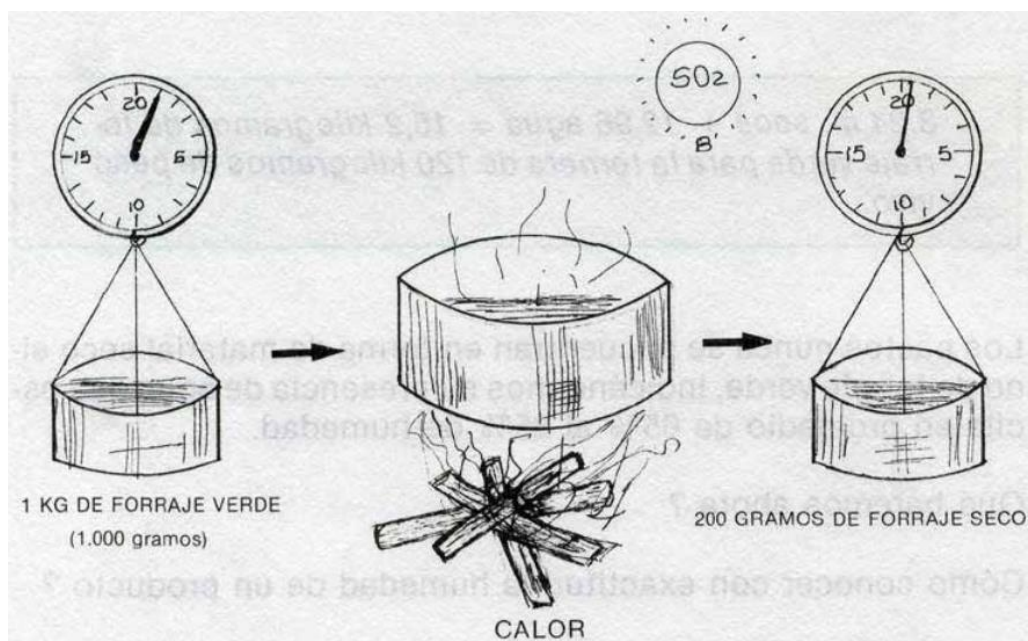
1000 g de forragem verde ----- 100%

200 g de forragem seca ----- X%

$$X = \frac{200 \times 100}{1000} = 20\%$$

Logo, a matéria seca é 20% e o conteúdo de água é de 100% - 20% = 80%.

O esquema abaixo representa a secagem anterior, seja por sol ou em forno.



1.3 Necessidades de água

Resumidamente, a água é necessária para o metabolismo, para a produção (leite e carne) e para as necessidades ambientais. A água é o nutriente que as vacas de leite requerem em maior quantidade. A água é um nutriente primordial na manutenção da produção leiteira e cárnea dos bovinos. A produção de leite, por exemplo, reduzirá no mesmo dia em que a água não estiver disponível para as vacas. Muitas vezes, a água é considerada aparte dos outros nutrientes como as proteínas, no entanto, é um nutriente de suma importância para a produção pecuária; pode-se administrar poucas quantidades de alimentos aos animais, mas se faltar água em excesso os

animais padecem rapidamente. Os alimentos possuem quantidades variáveis de água (umidade) em sua composição, uma gramínea verde inteira no solo pode conter de 80 a 85% de água e, portanto, conter apenas de 15 a 20% de MS. Em contrapartida, o teor de água da maioria dos alimentos concentrados é de 10%, ou seja, 90% é de MS.

Embora a quantidade de água na dieta possa variar consideravelmente, normalmente é pouco significativo, já que os animais devem regular o consumo de água por conta própria, ou seja, o acesso à água de boa qualidade deverá ser de livre escolha dos animais. Entretanto, quando grandes quantidades de alimentos úmidos forem oferecidas (como polpa de beterraba ou grãos de cevada) a ingestão de energia, proteínas, minerais e vitaminas encontradas na MS da ração pode ser reduzida.

Para administrar água para os bovinos deve ter em conta que:



A quantidade de água para a manutenção do metabolismo está descrita na tabela 1.

Tabela 1: água utilizada no metabolismo

Para cada kg de MS rústica	2,5 litros
Para cada kg de MS succulenta	2 litros
Para cada litro de leite	4 litros
Para cada kg de carne	1 litro

Os principais fatores que limitam a ingestão de água são:

- A ingestão de MS
- Produção de leite
- A temperatura ambiente
- Ingestão de sódio Na

Como citado supra, a temperatura é um dos fatores que influenciam na ingestão de água. Logo, sob clima quente, os animais estabulados devem receber +15% de água dos valores mencionados, os animais sob pastejo devem receber +20%. Sob clima frio, os animais estabulados devem ingerir +10% e os sob pastejo +15%.

De forma geral, uma vaca em lactação deverá ingerir de 3,5 a 5,5 litros de água por kg de MS. Por exemplo, uma vaca que produz 10 kg de leite e come 12 kg de MS consumirá $12 \times 4,5 = 54$ kg ou litros de água/dia.

Para bovinos de corte, por exemplo, considerando um animal de dois anos em condições de manejo adequado, o consumo deverá ser de 45 litros/animal/dia ou de 8 a 9 litros/100 kg de PV.

1.4 Atividade de fixação

- 1) A capacidade de consumo de MS oscila entre ____% a ____% do peso vivo do animal.
 - a) 0% a 5%
 - b) 2% a 4%
 - c) 1,8% a 3,5%
 - d) 25% a 35%

- 2) O pasto de capim-elefante possui uma MS de 12,8%. Qual a porcentagem de umidade do mesmo?

- 3) Uma novilha de 280 kg de PV consome matéria seca na razão de 3% do seu peso. Quantos kg de MS essa novilha consome?
 - a) 3,0 kg
 - b) 2,8 kg
 - c) 6,4 kg
 - d) 8,4 kg
 - e) 9,2 kg

- 4) Um reprodutor (touro) adulto pesa 750 kg e consome MS succulenta. Quantos litros de água esse touro deverá consumir se o mesmo encontra-se estabulado sob clima frio?
 - a) 49,5 litros
 - b) 75 litros
 - c) 54,5 litros
 - d) 2,25 litros
 - e) 750 litros

2. REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DOS BOVINOS

Antes de explanar os requerimentos nutricionais dos bovinos em produção, faz-se necessário a explanação de alguns conceitos importantes:

2.1 Proteína e energia

A proteína é o componente mais importante para o tecido animal e se encontra em concentração no tecido muscular. É essencial para o crescimento e a quantidade requerida vai diminuindo à medida que o animal se desenvolve. O corpo necessita de proteínas para a manutenção e renovação dos tecidos. Também é requerida para a realização de funções produtivas tais como a gestação e a lactação.

As rações para os bovinos deverão conter a seguinte concentração de proteína:

Tabela 2: porcentagem de proteína em rações para bovinos

Etapa produtiva	% de proteína na ração
Bezerros (as) até os 4 meses	18 – 19%
Bezerros (as) em crescimento 4-12 meses	17 – 18%
Novilhos (as) em engorda 12-20 meses	14 – 17%
Novilhas gestantes (+ de 16 meses)	19 – 20%
Vacas gestantes	20%
Vacas em produção leiteira	16 – 17%
Reprodutores (adultos)	14 – 15%

Fonte: adaptação de TEIXEIRA, 1997 e BERCHIELLI *et al.*, 2006.

A energia é o componente que o animal necessita para a realização de algumas funções, tais como a movimentação, metabolismo, temperatura corporal, respiração, produção, reprodução, crescimento e muitas outras.

O valor energético pode ser expressado de duas formas, em nutrientes digestíveis totais (NDT), mais conhecido no Brasil e em unidades de amido (UA).

O NDT é o sistema que calcula a energia total (proteína digestível, fibra crua digestível, extrato não-nitrogenado digestível e gordura digestível), mas levando em consideração as perdas de energia pela digestão do alimento no animal. É notório que os alimentos ricos em fibra crua necessitarão de um maior trabalho digestivo, logo, o gasto energético será maior. Por sua vez, a medida de energia líquida é conhecida como unidades de amido.

2.1.1 Fontes de energia e proteína na ração

Os carboidratos fibrosos (CF), presentes nos volumosos, têm baixo teor de energia, mas são necessários para manter a ruminação, a produção de saliva e o pH ruminal para a atividade bacteriana normal. Os carboidratos não fibrosos (CFN) também são nutrientes importantes porque são fontes importantes de energia. Portanto, uma boa porção deve conter os dois. No entanto, a proporção ideal de cada tipo de carboidrato mudará dependendo do nível de produção. Com o aumento da produção de leite, a vaca necessita de mais energia e, portanto, mais concentrada na ração.

As fontes de energia e proteína são críticas na formulação de uma boa mistura

A porção da proteína bruta na ração que está na forma de nitrogênio não proteico (NNP) é a principal fonte de nitrogênio para o crescimento bacteriano. A deficiência de NNP pode reduzir o crescimento de bactérias e o fornecimento de aminoácidos bacterianos à vaca. O excesso de NNP na ração não é apenas um desperdício, porque não é utilizado pelas bactérias, mas também pode ser tóxico e é necessária energia para desintoxicá-lo e eliminá-lo na urina.

Uma porção da proteína bruta na ração também pode ser necessária na forma de proteína resistente à degradação microbiana no rúmen. Vacas de alta produção requerem proteínas resistentes à degradação por bactérias para fornecer aminoácidos adicionais (além daqueles que podem fornecer proteína bacteriana) para absorção no intestino delgado. Assim, em boa parte, tanto a quantidade de proteína quanto a natureza da proteína devem ser cuidadosamente controladas.

2.2 Requerimentos nutricionais dos bovinos de corte

Tabela 3: necessidades diárias de gado de corte em crescimento

Novilhos												
PV (kg)	150			200			300			400		
GPD (kg)	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77
MS (kg)	3,13	3,82	3,82	4,5	4,9	5,0	6,1	7,7	8,0	7,7	9,7	9,9
PB (kg)	0,34	0,39	0,43	0,45	0,54	0,56	0,54	0,77	0,89	0,64	0,86	0,88
PD (kg)	0,22	0,26	0,29	0,27	0,35	0,36	0,32	0,47	0,56	0,35	0,5	0,51
EM (Mcal)	7,1	8,4	9,0	9,3	11,2	12,5	12,6	15,8	18,2	15,9	20,0	22,18
NDT (kg)	2,0	2,3	2,5	2,6	3,1	3,5	3,5	4,4	4,6	4,4	5,5	6,3

Ca (g)	8	12	17	8	13	18	11	14	17	14	17	18
P (g)	7	10	13	8	10	14	11	14	15	14	17	18
Novilhas												
PV (kg)	150			200			300			400		
GPD (kg)	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77	0,27	0,5	0,77
MS (kg)	3,32	3,82	3,82	4,6	5,0	5,4	6,18	8,18	8,6	7,7	10,2	10,6
PB (kg)	0,36	0,39	0,44	0,46	0,56	0,6	0,55	0,82	0,95	0,64	0,91	0,94
PD (kg)	0,23	0,26	0,3	0,28	0,36	0,38	0,32	0,5	0,61	0,35	0,53	0,55
EM (Mcal)	7,3	8,4	9,3	9,5	11,4	13,5	12,8	16,9	19,6	15,9	21,0	24,2
NDT (kg)	2,2	2,32	2,59	2,59	3,18	3,68	3,5	4,68	5,4	4,4	5,82	6,68
Ca (g)	8	12	17	8	13	18	11	15	17	14	18	19
P (g)	7	10	13	8	10	14	11	15	15	14	18	19

Fonte: NRC, 2016.

Tabela 4: necessidades nutricionais de gado de corte em crescimento (base na MS da ração)

Novilhos												
PV (kg)	150			200			300			400		
GPD (kg)	0,5	0,72		0,5	0,72		0,5	0,72		0,5	0,72	
MS (kg)	3,25	3,25		4,9	5,0		7,7	8,0		9,73	9,9	
PB (%)	12,2	13,3		11,1	11,1		10,1	11,1		8,9	8,9	
PD (%)	8,1	9,0		7,1	7,1		6,1	7,1		5,2	5,2	
EM (Mcal/kg)	2,6	2,83		2,3	2,5		2,1	2,3		2,1	2,3	
NDT (%)	72	78		63	69		57	63		57	63	
Ca (%)	0,38	0,53		0,27	0,36		0,18	0,21		0,18	0,18	
P (%)	0,31	0,41		0,2	0,28		0,18	0,18		0,18	0,18	
Novilhas												
PV (kg)	150			200			300			400		
GPD (kg)	0,5	0,72		0,5	0,72		0,5	0,72		0,5	0,72	
MS (kg)	3,25	3,32		5,0	5,4		8,22	8,6		10,22	10,65	
PB (%)	12,2	13,2		11,1	11,1		10,0	11,1		8,9	8,9	
PD (%)	8,1	9,0		7,1	7,1		6,1	7,1		5,2	5,2	
EM (Mcal/kg)	2,6	2,81		2,28	2,5		2,06	2,28		2,06	2,28	

NDT (%)	72	78	63	69	57	63	57	63
Ca (%)	0,38	0,52	0,26	0,03	0,18	0,20	0,18	0,18
P (%)	0,31	0,39	0,2	0,26	0,18	0,18	0,18	0,18

Fonte: NRC, 2016.

Tabela 5: necessidades nutricionais diárias do gado de corte adulto

	Vacas secas (gestação)					Vacas com cria (3 a 4 meses pós-parto)			
	350	400	450	500	600	350	400	450	500
PV (kg)	350	400	450	500	600	350	400	450	500
MS (kg)	5,8	6,4	6,8	7,6	8,6	8,6	9,3	9,9	10,5
PB (kg)	0,34	0,38	0,4	0,45	0,5	0,79	0,86	0,9	0,97
PD (kg)	0,16	0,18	0,19	0,2	0,24	0,46	0,5	0,53	0,57
EM (Mcal)	10,3	11,5	12,4	13,6	15,5	17,7	19,2	20,4	21,6
NDT (kg)	2,8	3,2	3,4	3,8	4,3	4,9	5,3	5,6	6,0
Ca (g)	9	10	12	12	13	25	26	28	28
P (g)	9	10	12	12	13	20	21	22	23

Touros em crescimento e manutenção (atividade moderada)								
	300	400	500	600	700	800	900	
PV (kg)	300	400	500	600	700	800	900	
GPD (kg)	1,00	0,9	0,68	0,5	0,3	-	-	
MS (kg)	8,7	10,0	12,0	11,6	12,7	9,9	10,7	
PB (kg)	1,2	1,33	1,6	1,42	1,4	1,0	1,07	
PD (kg)	0,85	0,9	1,8	0,95	0,9	0,6	0,65	
EM (Mcal)	20,4	23,5	25,8	24,9	26,2	20,4	22,0	
NDT (kg)	5,6	6,5	7,1	6,9	7,2	5,6	6,1	
Ca (g)	23	19	21	21	23	18	19	
P (g)	18	18	21	21	23	18	19	

Fonte: NRC, 2016.

Tabela 6: necessidades nutricionais diárias do gado de corte adulto (base na MS da ração)

	Vacas secas (gestação)					Vacas com cria (3 a 4 meses pós-parto)			
	350	400	450	500	600	350	400	450	500
PV (kg)	350	400	450	500	600	350	400	450	500
MS (kg)	5,82	6,4	6,82	8,0	-	8,64	9,32	9,9	10,5
PB (%)	6,0	6,0	6,0	6,0	-	9,2	9,2	9,2	9,2

PD (%)	2,8	2,8	2,8	2,8	-	5,5	5,5	5,5	5,5
EM (Mcal/kg)	1,8	1,8	1,8	1,8	-	2,1	2,1	2,1	2,1
NDT (%)	50	50	50	50	-	57	57	57	57
Ca (%)	0,16	0,16	0,16	0,16	-	0,3	0,3	0,3	0,3
P (%)	0,16	0,16	0,16	0,16	-	0,25	0,25	0,25	0,2

Touros em crescimento e manutenção (atividade moderada)

PV (kg)	300	400	500	600	700	800	900
GPD (kg)	1,00	0,9	0,68	0,45	0,32	-	-
MS (kg)	8,7	10,0	12,0	11,65	12,7	9,9	10,7
PB (%)	14	13,5	13,5	12	11	10	10
PD (%)	9,6	9,0	9,0	8,0	7,0	6,0	6,0
EM (Mcal/kg)	2,35	2,35	2,15	2,15	2,1	2,1	2,1
NDT (%)	65	65	60	60	57	57	57
Ca (%)	0,26	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Fonte: NRC, 2016.

Tabela 7: necessidades minerais de bovinos de corte em crescimento

Macrominerais	g/kg de MS
Ca	1,9 – 4,0
P	1,8 – 3,2
S	1,5
Na	0,8 – 1,2
Mg	1,9
K	5,0
Cl	2,0
Microminerais	Mg/kg de MS
Co	0,11 – 0,2
Cu	8 – 16
I	0,5
Fe	30 – 50
Mn	20 – 25

Se	0,1
Zn	12 – 35

Fonte: HYND, 2019.

Tabela 8: necessidades minerais de bovinos de corte (base na MS)

Ca	0,25 – 0,35% ¹
P	0,22 – 0,35%
Mg	0,2 – 0,25%
K	0,6%
Cl	0,2%
Na	0,18%
S	0,15%
Fe	40 ppm
Mn ²	20 – 50 ppm
Cu	10 ppm
Co	0,2 – 0,3 ppm
Zn	50 – 100 ppm
I	0,5 ppm
Se ³	0,1 ppm

Fonte: ANDRIGUETTO *et al.*, 1984.

¹ - 0,35% para bezerros e fêmeas em lactação. ² - níveis mais altos indicados para a reprodução. ³ - nível tóxico: 5 ppm.

2.2 Requerimentos nutricionais de bovinos leiteiros

Os bovinos leiteiros necessitam, diferentemente dos animais de corte, de uma dieta mais elaborada, uma vez que os nutrientes para esses animais precisam estar presentes em quantidades corretas para a boa produção leiteira. De forma resumida, os animais leiteiros necessitam de um conteúdo maior de nutrientes em sua ração, e estão diretamente relacionados com a quantidade de leite produzida e o teor de gordura existente no mesmo. Dessa afirmativa, podemos dizer que as exigências dos animais mudam em função da raça, isto é, quando se conhece que o teor de gordura do leite da raça Jersey, por exemplo, a exigência é maior que o da raça Holandesa, no entanto, o teor de gordura pode aumentar e/ou diminuir à medida que se oferece alimentos gordurosos na dieta das vacas. Observe os principais valores das exigências de bovinos leiteiros imprescindível para a formulação de dietas para esses animais.

Tabela 9: necessidades nutricionais diárias do gado leiteiro em crescimento – novilhas

Novilhas – raças leves										
PV (kg)	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
Idade (semanas)	10	15	20	35	50	60	75	90	120	190
GPD (kg)	0,5	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,4	0,15	0,05
MS (kg)	1,2	1,7	2,4	3,6	4,8	6,1	6,8	6,6	6,4	6,1
PB (kg)	0,23	0,27	0,32	0,41	0,45	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6
PD (kg)	0,16	0,2	0,21	0,25	0,28	0,32	0,33	0,32	0,3	0,3
NDT (kg)	0,9	1,2	1,6	2,3	2,9	3,5	3,8	3,7	3,6	3,4
ELm¹ (Mcal)	1,0	1,5	2,1	3,7	4,1	4,8	5,6	6,2	6,9	7,5
ELp² (Mcal)	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,0	1,5	0,7	0,5
Ca (g)	5,0	7,0	9,0	12,0	15,0	17,0	19,0	19,0	19,0	19,0
P (g)	4,0	5,5	7,0	9,0	11,0	13,0	14,0	14,0	14,0	14,0

Novilhas – raças pesadas												
PV (kg)	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Idade (semanas)	10	15	25	35	40	50	60	70	80	95	105	130
GPD (kg)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	0,6	0,4	0,15
MS (kg)	2,1	2,9	4,1	5,3	6,5	7,5	8,4	9,3	9,5	9,5	8,9	8,6
PB (kg)	0,32	0,37	0,46	0,5	0,55	0,64	0,73	0,82	0,86	0,91	0,91	0,82
PD (kg)	0,25	0,26	0,3	0,33	0,36	0,4	0,43	0,46	0,5	0,5	0,48	0,41
NDT (kg)	1,5	2,0	2,7	3,4	4,0	4,5	4,9	5,2	5,3	5,3	5,0	4,3
ELm¹ (Mcal)	1,5	2,0	3,1	4,1	4,8	5,6	6,2	6,9	7,5	8,1	8,7	9,3
ELp² (Mcal)	0,9	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5	2,8	3,1	3,1	2,9	2,0	0,7
Ca (g)	9,0	10,0	15,0	18,0	21,0	24,0	25,0	26,0	27,0	27,0	26,0	24,0
P (g)	7,0	8,5	12,0	14,0	16,0	18,0	19,0	20,0	21,0	21,0	20,0	18,0

Fonte: ANDRIGUETTO *et al.*, 1984.

¹ - ELm = energia líquida para manutenção. ² - energia líquida para produção (engorda ou lactação).

Tabela 10: necessidades nutricionais diárias do gado leiteiro em crescimento – novilhos

Novilhos – raças leves																
PV (kg)	25	35	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
Idade (semanas)	-	4	8	12	18	28	36	46	56	66	76	86	105	130	-	
GPD (kg)	0,13	0,27	0,63	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,68	0,6	0,4	0,22	0,1	
MS (kg)	0,4	0,8	1,4	2,0	2,8	4,3	5,7	7,0	8,2	9,3	10,2	10,4	10,0	10,0	9,8	
PB (kg)	0,1	0,14	0,28	0,37	0,41	0,46	0,55	0,6	0,69	0,77	0,82	0,86	0,86	0,86	0,82	
PD (kg)	0,1	0,11	0,2	0,25	0,25	0,3	0,34	0,36	0,4	0,44	0,46	0,47	0,46	0,42	0,39	
NDT (kg)	0,41	0,6	1,0	1,4	1,9	2,7	3,4	4,0	4,6	5,2	5,7	5,8	5,6	5,6	5,5	
ELm (Mcal)	0,8	0,9	1,0	1,0	2,1	3,1	4,5	6,0	7,2	8,1	8,9	9,8	10,6	11,4	12,1	
ELp (Mcal)	0,3	0,5	0,68	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,1	3,4	3,6	3,3	2,3	1,4	0,6	
Ca (g)	1,5	3,2	6,5	8,5	11,0	15,0	18,0	21,0	23,0	24,0	25,0	26,0	26,0	25,0	24,0	
P (g)	1,1	2,5	5,0	6,5	8,0	11,0	14,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	20,0	19,0	18,0	
Novilhos – raças pesadas																
PV (kg)	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Idade (semanas)	8	12	18	25	32	40	48	55	62	70	78	86	98	110	125	-
GPD (kg)	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,68	0,6	0,5	0,4	0,3
MS (kg)	2,1	3,2	4,5	5,9	7,3	8,7	10,2	11,8	12,5	13,0	13,8	13,8	13,6	13,4	13,2	12,7
PB (kg)	0,32	0,45	0,5	0,6	0,7	0,73	0,82	0,91	1,05	1,1	1,14	1,18	1,23	1,23	1,23	1,16
PD (kg)	0,25	0,32	0,35	0,4	0,43	0,46	0,5	0,55	0,6	0,61	0,63	0,63	0,64	0,63	0,62	0,57
NDT (kg)	1,5	2,2	3,0	3,8	4,5	5,2	5,9	6,6	7,0	7,3	7,7	7,7	7,6	7,5	7,4	7,0
ELm (Mcal)	1,6	2,1	3,2	4,5	6,0	7,2	8,1	9,0	9,8	10,6	11,4	12,1	12,9	13,6	14,4	15,1
ELp (Mcal)	1,0	1,3	1,8	2,2	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1	4,0	3,8	3,5	3,2	2,8	2,3	1,4
Ca (g)	9,8	13,0	18,0	21,0	24,0	27,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
P (g)	7,5	10,0	14,0	16,0	18,5	20,0	22,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0

Fonte: NRC, 2001.

Tabela 11: necessidades nutricionais diárias de vacas leiteiras

Mantença de vacas adultas								
PV (kg)	350	400	450	500	550	600	700	
MS (kg)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,5	
PB (kg)	0,45	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75	0,82	
PD (kg)	0,22	0,25	0,28	0,3	0,33	0,36	0,4	
NDT (kg)	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,2	4,8	
EM (Mcal)	10,1	11,2	12,3	13,4	14,4	15,5	17,3	
ELI¹ (Mcal)	6,9	7,0	8,3	9,0	9,6	10,3	11,6	
Ca (g)	14	17	18	20	21	22	25	
P (g)	11	13	14	15	16	17	19	
Na² (g)	6	7	7,5	8	8	10	11	
Mg³ (g)	4,5	6	6	7,5	8	9	10	
Mantença e prenhez (dois últimos meses de gestação)								
PV (kg)	350	400	450	500	550	600	700	
PB (kg)	0,6	0,65	0,75	0,78	0,85	0,9	1,0	
PD (kg)	0,32	0,35	0,4	0,45	0,45	0,5	0,55	
NDT (kg)	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,3	
EM (Mcal)	13,0	14,1	15,9	17,3	18,8	20,2	22,7	
ELI (Mcal)	8,7	9,7	10,7	11,6	12,6	13,5	15,3	
Ca (g)	21	23	26	29	31	34	39	
P (g)	16	18	20	22	24	26	30	
Na (g)	7	7	7,5	8	8	10	11	
Mg (g)	4,5	6	6	7,5	8	9	10	
Nutrientes por kg de leite⁴ (% de gordura)								
% de gordura no leite	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
PB (kg)	0,07	0,07	0,075	0,08	0,082	0,086	0,09	0,095
PD (kg)	0,042	0,045	0,048	0,05	0,055	0,056	0,058	0,06
NDT (kg)	0,255	0,28	0,305	0,33	0,355	0,38	0,405	0,430
EM (Mcal)	0,9	1,0	1,05	1,15	1,2	1,3	1,35	1,45

ELI (Mcal)	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
Ca (g)	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
P (g)	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
Na (g)	0,5 adicionais/l de leite							
Mg (g)	012 adicionais/l de leite							

Fonte: NRC, 2001.

¹ - ELI = energia líquida lactação. ² - considerando-se uma disponibilidade de 80% para o Na da dieta, 7 g de Na parecem ser suficientes por vaca por dia, para manutenção. ³ - 2,5 g de Mg disponível, por dia, parece ser suficiente para manutenção, complementados por 0,12 g de Mg disponível por litro de leite. ⁴ - para compensar o decréscimo de digestibilidade, quando se mantêm altos níveis de nutrição, com certos alimentos (tais como silagem de milho, forragens com alto teor de celulose, cereais mal triturados etc.), deve-se aumentar a oferta alimentar em 3% para cada 10 litros de leite produzidos em vacas com produção superior a 20 kg/dia.

Tabela 12: necessidades nutricionais diárias de touros

PV (kg)	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
MS (kg)	8,4	9,6	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0
PB (kg)	0,64	0,73	0,82	0,91	1,0	1,1	1,14	1,23	1,32	1,37
PD (kg)	0,3	0,35	0,4	0,44	0,47	0,5	0,55	0,58	0,62	0,65
NDT (kg)	4,6	5,4	6,0	6,7	7,3	7,9	8,4	9,0	9,6	10,0
ELm (Mcal)	9,5	10,8	12,3	13,9	15,2	16,9	18,2	19,5	20,7	21,9
Ca (g)	20	22	25	27	30	32	35	38	40	43
P (g)	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33

Fonte: NRC, 2001.

Tabela 13: necessidades minerais de bovinos leiteiros

Macrominerais	% na dieta
Ca	0,4 – 0,6
P	0,2 – 0,4
S	0,2
Mg	0,1 – 0,3
K	0,65 – 1,0
Na	0,1
Cl	0,1
Microminerais	mg/kg/dieta
Co	0,1
Cu	12 – 16

Fe	20
I	0,9
Mn	20
Se	0,1
Zn	55 – 65

Fonte: adaptação de ARAÚJO & ZANETTI (ed.), 2019.

2.3 Atividade de fixação

- 1) As vacas em produção leiteira necessitam de ____ a ____% de proteínas em sua ração.
 - a) 14 a 16%
 - b) 16 a 17%
 - c) 18 a 19%
 - d) 17 a 18%
 - e) 14 a 15%
- 2) O consumo de MS é maior em que tipo de animal e por quê?
- 3) Em que idade se requer mais NDT com relação a MS consumida e por quê?
- 4) Explique a importância das proteínas na nutrição dos bovinos.
- 5) Explique a importância da energia na nutrição dos bovinos.
- 6) Segundo TEIXEIRA, 1997 a energia é gordura e a cada 1 kg de gordura uma vaca pode produzir de 7 a 9 litros de leite. Analise e explique a afirmação.

3. COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS PARA OS BOVINOS

Os alimentos usados na alimentação de bovinos, como de demais espécies de interesse zootécnico, são classificados de acordo com o teor de fibra bruta e de outros nutrientes. Sendo assim, podemos dizer que basicamente são classificados em:

1) **Alimentos volumosos:** possuem baixo teor energético em sua composição, decorrente do alto teor em fibra ou em água. Possuem menos de 60% de NDT e/ou mais de 18% de fibra bruta (FB) na MS e englobam as forrageiras secas e grosseiras (fenos e palhas), pastagens cultivadas, pastos nativos, forrageiras verdes e silagens. São os de menor custo na propriedade. Para os bovinos os mais utilizados estão as pastagens naturais ou cultivadas (braquiárias e *panicuns*), capineiras (capim-elefante), silagens (capim, milho, sorgo etc.), cana-de-açúcar e o bagaço de cana hidrolisado. Entre os menos utilizados estão o milheto, feno de gramíneas, silagem de girassol, palhadas de culturas etc.

2) **Alimentos concentrados:** em função do baixo teor de FB (< 18%), são alimentos com alto teor energético, com mais de 60% de NDT e podem ser divididos em:

a) *Concentrados energéticos:* aqueles com menos de 20% de PB em sua composição, 25% de FDN (fibra em detergente neutro) e em torno de 18% de FB. São exemplos de alimentos concentrados energéticos o milho, sorgo, trigo, aveia, cevada, frutas, nozes e algumas raízes (mandioca, batata etc.).

b) *Concentrados proteicos:* alimentos com mais de 20% de PB, 50% de FDN e 60% de NDT. Como exemplo temos os farelos de soja, de amendoim, de girassol, de algodão, glúten de milho e alguns subprodutos de origem animal como a farinha de peixe, de sangue, de carne e ossos etc.

Ainda assim, existem os suplementos minerais e vitamínicos e os aditivos que entram em pequenas quantidades nas rações e são antibióticos, corantes, probióticos, antioxidantes etc.

Dentro da nutrição e da alimentação animal, podem ocorrer variações nas composições bromatológicas dos alimentos em função de alguns fatores, tais como as cultivares (variedades) como a planta de sorgo que apresenta variedades com e sem tanino, o armazenamento como as misturas minerais expostas ao sol podem sofrer alterações pelas reações químicas, as condições do solo, teor de água e condições de processamento.

Por fim, para a formulação de dietas equilibradas, deve-se fazer uma análise, sempre que possível e viável, dos alimentos que serão utilizados no balanceamento. Sendo assim, as dietas se apresentarão o mais próximo possível das necessidades dos animais e refletirão em

desempenhos satisfatórios. A tabela 14, trata da composição de alguns alimentos comumente usados na alimentação dos bovinos de corte e leite e que servirá de base para a posterior formulação de dietas para os mesmos.

Tabela 14: composição bromatológica de alimentos para bovinos

Alimento	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Forragens secas								
Aveia, grãos	88	11	4	13	2,9	65	0,1	0,3
Aveia, feno	85	14	-	14	-	55,6	0,4	0,25
Aveia, cascas	-	4,5	1,7	30	1,17	35	0,15	0,18
Alfafa, feno	87	18	2,4	28	2,05	56,8	1,25	0,26
Capim braquiária D., feno	88,8	6,4	2,6	-	1,95	-	0,18	0,15
Capim coast-cross, feno	88,5	7,2	1,2	-	-	-	0,5	0,15
Capim colômbio, feno	86,5	7,5	1,7	37	1,9	-	0,5	0,2
Capim elefante, feno	88	5,8	2,17	36	1,95	53,1	0,22	0,21
Capim gordura, feno	86	3,7	1,25	40	1,9	37	0,35	0,1
Capim jaraguá, feno	87	4,3	1,7	37,5	1,84	51	0,47	0,17
Gramma estrela, feno	88	5,7	1,2	-	-	-	-	-
Milho, rolão	88,8	6,5	2,8	-	-	58,6	0,12	0,13
Forragens verdes								
Azevém	20	13	-	-	-	-	0,7	0,3
Cana-de-açúcar	25	2,8	1,55	-	2,15	65	0,23	0,06
Cana-de-açúcar c/ ureia	29,3	10,9	2	-	-	-	-	-
Capim andropogon, pasto	27,8	4,8	3	30	2,2	-	-	-
Capim angola	14	9,1	-	-	-	-	0,4	0,15
Capim braquiária	36	5,8	1,3	33	1,98	-	0,28	0,25
Capim b. brizantha	30,2	7,5	0,7	33,5	1,9	-	0,46	0,28
Capim braquiária decumbens	32,8	7,3	1,2	31,4	1,84	-	0,4	0,23
Capim braquiária humidicola	29	6,1	2,4	35	1,9	-	0,23	0,32
Capim braquiária ruziziensis	27	8,15	2,3	33	1,84	-	0,43	0,21
Capim buffel	25,6	10,3	2,1	40,2	1,9	-	0,21	0,16

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Capim coast-cross	24,3	13	1,5	31,3	1,9	-	0,21	0,21
Capim colônião	28,7	6,6	1,9	37	1,9	-	0,46	0,18
Capim-elefante	22	6,2	2,4	36	1,95	50,2	0,28	0,2
Capim-elefante, silagem	26,5	5,2	1,5	-	-	51	0,34	0,12
Capim gordura	48,3	7,5	1,5	-	-	50,1	0,33	0,14
Capim Jaraguá	50,2	9,5	-	37	1,8	47,5	0,55	0,17
Capim tobiatã	29,6	7,1	-	-	-	-	0,53	0,17
Girassol, silagem	24	9,1	13,6	25	2,2	-	1,2	0,1
Mandioca, silagem	24,2	11,2	-	-	-	-	0,83	0,13
Milho, silagem	30,9	7,3	2,76	24	2,5	64,3	0,3	0,2
Soja perene	24	16	3,45	-	-	-	1,2	0,16
Sorgo, silagem	30,8	6,7	5,4	34	2,1	57,3	0,3	0,18
Alimentos misturados								
Cana de açúcar com silagem de Napier	23,6	5,2	-	-	-	-	0,4	0,05
Milho silagem com capim-elefante	29,7	6,7	3,4	-	-	-	0,36	0,07
Alimentos concentrados energéticos (PB < 20%)								
Arroz farelo desengordurado	89	18	2,3	11	2,32	55	0,12	1,3
Arroz farelo integral	89	14	15,5	10	2,18	60	0,12	1,25
Arroz quirera	88	9,5	0,8	1	3,2	77	0,08	0,1
Arroz cascas	90	2,5	0,8	41	0,36	-	0,1	0,08
Centeio	23	14,9	1,5	2,2	3,1	72	0,35	0,35
Centeio palha	89	3,6	-	-	-	36	0,3	0,08
Cevada	89	9,7	2,2	6,2	2,64	73	0,06	0,4
Cevada grãos	-	11,5	1,9	5	2,6	74	0,08	0,42
Cevada palha	88,2	3,6	-	-	-	20	0,3	0,08
Capim + melaço	35	4,7	1,2	11	-	20	0,32	0,12
Polpa cítrica	85,2	8,1	3,2	12	3	71	2,4	1,25
Mandioca raspa	88,5	2,3	0,5	1,6	-	-	0,15	0,07
MDPS ¹	87,7	8,3	3	10,5	1,95	72	0,1	0,2

¹ MDPS – milho desintegrado com palha e sabugo, onde 70% grãos, 20% sabugo e 10% palhas.

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Milheto	14,8	13	-	-	-	-	0,6	0,3
Milho farelo de gérmen	88,9	10,7	0,2	7,5	-	-	1,2	0,6
Milho fubá	87,5	9,15	4	-	-	85,1	0,03	0,26
Milho quirera	88,1	10,2	-	-	-	-	1,0	0,2
Palha de milho	89	3,1	0,7	30,7	-	67	0,15	0,12
Milho triturado	85,6	9,3	3,98	2,2	2,97	87,2	0,03	0,27
Sorgo farelo	87,5	10,3	6,0	6,5	3,15	-	0,04	0,33
Sorgo grão	87,5	9,7	2,8	2,8	3,22	70	0,03	0,3
Sorgo maduro	32,3	2,4	11	8,5	-	18	0,15	0,05
Sorgo silagem	30,8	6,7	0,8	7,8	2,15	57,2	0,3	0,2
Soja óleo	100	-	99,7	-	-	207	-	-
Soja feno	88	14,6	2,4	27,2	-	52,4	0,95	0,25
Trigo grão	89	12,7	1,7	3	3	80	0,06	0,4
Trigo farelo	87,5	16,6	4,1	10	2,3	63	0,15	1,0
Trigo farelinho	88	15	3	8	2,64	73	0,3	1,0
Trigo gérmen	90	20,6	3,2	3	2,9	80	0,18	0,8
Triguilho	87	15,4	2,4	5	-	-	0,13	0,48
Triticale	87	13,9	1,7	2,5	3	85	0,04	0,32
Farelo de cacau 16	90	16	3	17	-	-	0,25	0,4
Soro de leite em pó	97	11	2	-	-	-	1,2	0,7
Palha de arroz	91,5	3,8	1,3	32	-	45	0,22	0,08
Palha de ervilha	87	6,6	1,6	34	-	50	-	-
Feno de feijão miúdo	90	16,6	2,6	24,7	-	57	1,2	0,3
Feno de fava	88	17,6	2,3	25	-	55	1,2	0,3
Sementa de girassol	93,5	16,8	26	29	-	76	0,17	0,52
Algaroba vagem	82,5	10	0,8	-	-	-	0,15	0,13
Silagem de soja	24	15,7	4,4	31,2	2,2	-	1,48	0,27
Palha de soja	87	4,8	1,2	35,6	-	33	1,4	0,05
Cascas de algodão	-	4	4,4	43	1,7	47	0,15	0,1
Cascas de amendoim	-	6,6	1,2	59,8	0,6	16,7	0,25	0,06
Polpa seca de beterraba	-	8,7	0,5	18,2	2,3	65	0,7	0,1

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Farinha de polpa cítrica	-	6	3,5	12	2,7	76	2	0,1
Farinha de mandioca	-	3	0,5	9,5	-	72	0,03	0,08
Melaço dessecado	-	7	0,5	9	-	80	1,2	0,9
Milho sabugo	90	2,5	0,4	32	1,6	45	0,11	0,04
Farinha resíduos de rami	-	14,5	5,3	26	-	57	3	0,13
Alimentos concentrados proteicos (PB > 20%)								
Algodão caroço	91	21,5	18	22	3	85	0,25	0,45
Algodão farelo	90	28 - 44	1,5	13	3,5	70	0,2	0,8
Algodão torta	90	35	1,35	-	-	-	0,25	0,85
Amendoim grãos	-	28,5	48	2,8	4,75	130	0,06	0,43
Amendoim farelo	88,8	58,4	0,3	-	-	-	0,15	0,8
Amendoim torta	-	50	1,5	10	2,5	70	0,2	0,6
Babaçu farelo	90	21,3	7	23	-	-	0,07	0,53
Cacau farelo 25	90	25	3	5	-	-	0,25	0,45
Canola farelo	90	39,8	1,2	-	-	-	0,65	0,9
Carne e ossos, farinha	92,5	36 – 45	8 - 12	1	-	-	13 – 18	5,5 – 7,5
Coco farelo	91	23,6	11,1	12	2,7	77	0,1	0,5
Linhaça farelo	90	34,5	1	12	2,5	70	0,6	0,8
Colza farelo	88	35	1	13	-	-	0,7	0,8
Carne farinha	93	50	10	1	-	-	12	5
Caseína	90	81	0,5	-	3,15	81	0,6	1
Feijão	89	23	1,2	4	2,6	78	0,1	0,4
Fígado farinha	93	66,5	15,1	1	-	91	0,6	1,25
Girassol farelo	90	45	2	15	2,2	65	0,6	0,9
Girassol torta	-	45	2	10	2	70	0,75	1,2
Gergelim farelo	93	48	5,1	5	2,5	71	2	1,3
Linhaça torta	-	32,5	3	9,5	-	75	0,4	0,8
Leite integral em pó	96	25	25	-	-	-	0,9	0,6
Leite desnatado em pó	96	33	0,8	-	-	-	1,2	0,8
Mamona farelo atoxicado	90	40	1,4	23	-	40	0,7	0,7

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Milho glúten	90	62	2,4	-	-	-	0,07	0,47
Milho farelo glúten 60	89	60	3	3,5	-	-	0,23	0,65
Ossos farinha autoclavada	-	20	2,25	-	-	-	24,6	9,5
Peixe farinha	92	60	10	1	2,5	68	6	2,5
Penas hidrolisadas farinha	92	80	2,5	1,5	-	64	0,25	0,8
Penas e vísceras, farinha	92	73	6	2,5	-	-	-	-
Vísceras farinha	92	65	10	1	-	-	-	-
Protenose	91	62,9	5,9	-	-	-	0,05	0,45
Refinasil	87,4	25,9	1,8	-	-	-	0,18	1,2
Sangue farinha	90	80	1,4	0,5	2,17	60	0,28	0,23
Soja farelo	88	45	1,5	5 – 10	2,64	75	0,3	0,65
Soja grão	90	38,5	19	5	3	90	0,35	0,6
Trigo, farinha gérmen	-	25	7	5	-	84	0,05	1
Aditivos								
Carbonato de cálcio	98,6	-	-	-	-	-	38,7	-
Fosfato bicálcico	98,6	-	-	-	-	-	24	18,5
Resíduo de cervejaria	20,15	34,8	7,9	-	-	76	-	-
Soja leite	9,4	2,2	1,1	-	-	-	0,02	0,05
Calcário em pó	-	-	-	-	-	-	38	-
Alimentos para o semiárido – cactáceas								
Algaroba	89	9,7	1,1	16	-	71	0,42	0,18
Coroa de frade	10,8	7,4	3,5	15,5	3,2	-	2,05	0,18
Facheiro	10,5	7,3	2,35	13,8	3,4	-	5	0,12
Mandacaru	14	9,3	1,8	16,2	3,2	-	3	0,07
Palma gigante	11,2	4,9	1,85	12,3	-	66	2,35	0,13
Palma miúda	12,3	3,6	1,6	7,2	-	-	3,8	0,2
Xique-xique	12,8	5,6	1,3	17,6	3	48	3,12	0,07
Concentrados energéticos								
Caldo cana-de-açúcar	22,6	0,3	-	-	3,9	-	0,01	0,02
Casca coco	14,1	5,2	1,35	-	-	-	-	-

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Farelo raiz mandioca	87,9	2	0,65	13,5	-	84	-	-
Raiz mandioca	36,5	2,9	0,95	1,5	-	-	-	-
Farelo manga	89,5	4,5	5,1	-	-	-	-	-
Polpa manga	21	2,4	5,1	-	-	-	-	-
Concentrados proteicos								
Levedura cana-de-açúcar	88,8	31,6	1,9	2,3	3,7	-	0,48	0,73
Farelo caroço de algodão	-	29,8	-	-	3,8	-	0,23	0,3
Forragens secas								
Feno catingueira	92,6	12	4,7	-	4,5	-	-	-
Feno cunhã	90,5	17,8	2,7	31,6	4,8	-	0,43	0,18
Feno erva-sal	88,5	8,9	1,6	-	-	-	0,77	0,04
Feno feijão-bravo	78,3	11,1	3,3	-	4,5	50,9	-	-
Feno flor-de-seda	69,9	13,7	5,7	-	3,9	-	2,6	0,22
Feno guandu	-	13,8	2,7	-	-	-	-	0,11
Feno jureminha	91,2	19,5	2,9	-	4,4	70,4	-	-
Feno leucena	90,9	19,9	3,2	26,6	4,4	54,7	1,18	0,3
Feno caule mandioca	89,3	18,8	1,8	20,5	-	65	1,04	0,38
Feno folha leucena	89,7	22,2	5,7	12,3	3,6	-	-	-
Feno folha mandioca	89,8	25,3	3,1	16,5	4,2	-	-	-
Feno maniçoba	82,3	12,2	4,7	-	4,5	-	-	-
Feno mata-pasto	88,6	9,15	-	40,8	-	-	1,75	0,12
Feno sorgo forrageiro	90,8	4,15	-	-	3,8	-	0,4	0,22
Forragens verdes								
Rama batata-doce	11,8	15,6	3,3	20,9	4,1	-	-	-
Canafístula	40,7	12,9	4,6	-	-	54	-	-
Géria	88,2	15,9	1	-	-	-	1,17	0,21
Vagem fava	77,2	11,2	1,25	-	4,5	72,5	-	-
Feijão dos arrozais	23,6	16	5	40,3	4	69	2,6	0,04
Flor-de-seda	13,3	14,4	6,8	-	3,5	63,9	-	-
Glicirídia casca	13,1	15,6	0,95	33,9	-	-	2,1	0,2

Continuação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	EM (Mcal/kg)	NDT (%)	Ca (%)	P (%)
Glicirídia caule	-	5,6	0,4	58,5	-	-	0,45	0,07
Glicirídia folha	-	22,7	2	16,8	-	-	2,45	0,18
Feijão guandu	35	9 – 18	2 – 4,5	29,6	-	-	0,9	0,12
Jurema preta	30,1	11,4	8,4	15	-	-	0,67	0,25
Leucena	35,9	18,3	3,9	20,6	4,6	61,5	-	0,13
Leucena caule	49,4	7,15	2,1	50,8	-	-	0,56	0,69
Leucena folha	35,5	23,7	2,2	21,2	-	-	2,18	0,2
Mandioca folha	36,7	20,8	5,1	21,6	4,7	-	0,91	0,23
Umbuzeiro folha	14,9	14,4	8,6	14,1	-	-	1,3	0,22

Fontes: Tabelas elaboradas a partir de: ANDRIGUETTO *et al.*, 1984; CAMPOS, 1972; GONÇALVES *et al.*, 2009; ISLABÃO, 1978; KRUG *et al.*, 1985; NEVES *et al.*, 2014; TEIXEIRA AS, 1997; TEIXEIRA JC, 1997 e VALADARES FILHO *et al.*, 2001.

Após a análise bromatológica dos principais valores dos alimentos para a formulação de rações, faz-se necessário o conhecimento das quantidades dos ingredientes na dieta dos bovinos. Para tanto, a tabela 15 traz os principais alimentos e a quantidade recomendável de cada um sobre a dieta e/ou a ração total dos animais.

Tabela 15: níveis recomendados dos principais ingredientes para rações de bovinos

INGREDIENTE	NÍVEL DE USO
Milho grãos	Até 70%
Farelo de soja	30 a 40%
Sorgo grãos	Substituto 100% do milho
Farelo de trigo	10 a 40%
Farelo arroz desengordurado	10 a 30%
Farelo amendoim	30 a 40%
Farelo de algodão	30 a 40%
Torta de girassol	30 a 40%
Torta de colza	Até 20%
Torta de linhaça	5 a 10%
Torta de mamona	5 a 10%
Torta de gergelim	30 a 40%
Farinha de peixe	Até 10%
Farinha de sangue	1,5 kg

Polpa cítrica	20%
Caroço de algodão	25%
Farinha de penas	0,5 kg
Farinha carne e ossos	1,5 kg
Farelo de arroz	15%
Soja grãos	25%
Farelo de girassol	30%
Gorduras	5%
Resíduos de padaria	20%
Grãos de destilaria	60%
Grãos de cervejaria	30%
Melaços	20%
Subprodutos do trigo	30%
Feijão	25%
Glúten de milho	10%
Ureia	1%
Casca de algodão	40%
Casca de arroz	15%
Cama de galinha	15%

Fontes: TEIXEIRA, A. S., 1997 e TEIXEIRA, J. C., 1997.

4. SELEÇÃO ECONÔMICA DE INGREDIENTES PARA RAÇÕES

Uma das preocupações dos técnicos em nutrição animal é a minimização do custo das fórmulas de rações. Existem alguns métodos utilizados para minimizar os custos, dentre eles o método com auxílio do computador para cálculo de fórmulas e o método do valor nutricional parcial, isto é, o método onde os alimentos são selecionados de acordo com seus custos por kg em relação a outros ingredientes básicos da ração.

4.1 Uso do computador

Através de programas específicos, os computadores selecionam os ingredientes com relação ao custo, construindo e fornecendo a ração mais barata dentro da finalidade de minimização do custo. Para que seja evitado que a ração escolhida pelo computador (mais barata), seja a pior dentro do aspecto nutricional, deve-se tomar as seguintes medidas:

- Estabelecer um controle de limite máximo para os ingredientes selecionados de forma econômica, para evitar que os mesmos ultrapassem os limites recomendados pelas técnicas nutricionais.
- Estabelecer nesse controle um limite mínimo para os ingredientes, que não foram selecionados, mas que a pesquisa aconselha serem incluídos à ração.

Mesmo essas medidas sendo tomadas, a resposta final provém dos animais através de provas biológicas, como a conversão alimentar, custo para produzir 1 kg de carne etc.

4.2 Valor nutricional parcial

Esse método é baseado em alguns critérios, dos quais:

- Existência de dois ingredientes padrões como o milho e a soja, que servirão de base na determinação do custo de 1 kg de proteína e de 1 Mcal de energia metabolizável, de energia digestível, de energia líquida (energia produtiva) ou 1 kg de nutrientes digestíveis totais (NDT). No nosso caso, como constituem a base de 60 a 80% das rações, os ingredientes aconselháveis para servirem de padrões são o milho, o farelo de soja ou o farelo de algodão.
- Este método também parte da premissa de que, quando se compra 1 kg de milho por um dado preço V_m , na verdade está se comprando 93 g de proteína e 3,52 Mcal de ED. Quando se compra 1 kg de farelo de soja por um preço V_s , está se comprando 450 g de proteína e 3,21 Mcal de ED. Alicerçados por esses dados e no fato de que proteína e energia não possuem

cotação comercial, pode-se determinar os valores relativos de 1 kg de proteína (a) e de 1 Mcal de ED (b) através das equações:

$$\text{Equação do milho: } 0,093 + 3,52 a = V_m$$

$$\text{Equação da soja: } 0,450 + 3,21 b = V_s$$

Para que se obtenha o valor nutricional parcial, multiplica-se a composição de proteína do ingrediente a ser selecionado de forma econômica pelo custo relativo de 1 kg de proteína, procedendo-se da mesma forma para a energia e somando-se os dois é obtido o valor nutricional parcial que era esperado. Pode-se incluir, também, o valor da composição mineral e vitamínica do ingrediente cotado a preço comercial desses nutrientes.

Pode-se, portanto, calcular o valor nutritivo parcial levando-se em consideração mais nutrientes, como os minerais, como é o caso do Ca e P. Para tanto, deve-se tomar, como padrões, para calcular o custo de 1 kg de Ca e de 1 kg de P, isto é, o calcário calcítico e o fosfato bicálcico, respectivamente.

4.3 Relação valor nutricional parcial/preço comercial

Através da divisão do valor nutritivo parcial encontrado nos cálculos pelo preço comercial do ingrediente é obtida a relação (R) valor nutritivo parcial/preço comercial de ingredientes. Alicerçados por essa premissa, podemos obter as seguintes conclusões:

- $R = 0$ o ingrediente incluído na fórmula, não reduz e nem aumenta os custos;
- $R > 1$ o ingrediente incluído na fórmula reduz o custo da ração. Ela será maior quanto maior for a relação;
- $R < 1$ a inclusão do ingrediente à fórmula aumenta o custo e será maior quanto menor for o valor da relação.

4.4 Seleção econômica do farelo de trigo

Vamos selecionar o farelo de trigo que possui 16% de PB e 2,77 Mcal de ED e custa R\$ 1,80 (dados de jan. 2021).

O farelo de soja custa R\$ 2,85 o kg e contém 45% de PB e 3,21% Mcal de ED. O milho, por sua vez, custa R\$ 0,71 o kg e contém 9,3% de PB e cerca de 3,52 Mcal de ED.

Para calcular o custo relativo de 1 kg de PB e de 1 Mcal de ED, usa-se os dados do milho e do farelo de soja, montando-se o seguinte sistema de equação:

$$\text{Equação do milho: } 0,093x + 3,52y = 0,71$$

$$\text{Equação do farelo de soja: } 0,450x + 3,21y = 2,85$$

Resolvendo esse sistema, obtemos:

$$x = \text{R\$ } 6,00/\text{kg de proteína}$$

$$y = \text{R\$ } 0,04/\text{Mcal de ED}$$

Para calcular o valor nutritivo parcial do farelo de trigo, juntamos os dados do FT com os resultados obtidos da resolução supra, assim obtemos:

$$\text{Valor nutritivo parcial} = 0,16 \times 6,00 + 2,77 \times 0,04 = 1,06$$

Cálculo da relação valor nutritivo parcial e preço comercial, obtemos:

$$R = \frac{1,06}{1,80} = 0,59$$

Com base no valor da relação supra 0,59, podemos dizer que em cada real pago pelo farelo de trigo será pago 0,59 centavos de real em valor nutritivo parcial em relação ao milho e ao farelo de soja tomados como padrões. Portanto, quando se incluir o farelo de trigo na ração ocorrerá o aumento do custo da mesma.

Também, no caso do valor nutritivo parcial, são realizadas as mesmas restrições de controle para o uso de computadores, com o objetivo de que a ração mais econômica não seja a pior com relação a disponibilidade e carga nutricional.

4.5 Atividade de fixação

1) Selecionar economicamente a farinha de carne que possui 50% PB, 2,86 Mcal/kg de ED, 10,67% de Ca, 5,27% de P e um preço de R\$ 3,00/kg. Usar o milho, o farelo de soja, o calcário e o fosfato bicálcico como alimentos padrões, os quais tem respectivamente os seguintes preços R\$ 0,70, R\$ 2,85, R\$ 0,15 e R\$ 2,45. Por fim, explique se a inclusão do ingrediente à ração barateia ou aumenta o custo da ração.

2) Selecionar economicamente o farelo de algodão que possui 40% PB, 2,8 Mcal/kg de ED, 0,2% de Ca e 0,8% de P com preço de R\$ 0,90/kg. Usar o milho, o farelo de soja, o carbonato de cálcio e o fosfato bicálcico como alimentos padrões, dos quais possuem os respectivos preços R\$ 0,70, R\$ 2,85, R\$ 0,45 e R\$ 2,45. Por último, diga se a inclusão do ingrediente barateia ou aumenta o custo da ração.

5. MÉTODOS DE FORMULAÇÃO DE RAÇÕES

Para a formulação de dietas para os bovinos, é necessário o conhecimento de alguns conceitos para a tomada de decisões quanto a dieta dos animais. Um dos passos-chave para a tomada de decisões é o conhecimento dos alimentos que irão compor a mistura de concentrados. A quantidade de proteína é o primeiro nutriente a ser calculado e computado, visando a determinação do nível de proteína desejável na mistura dos concentrados (tabela 2).

As regras de manuseio descritas a seguir podem auxiliar na tomada de decisões para formulação de rações.

- Quando as vacas leiteiras recebem um alimento com elevado teor proteico, tal como as farinhas de origem animal, os farelos como o de soja, girassol etc. ou as pastagens consorciadas, os concentrados deverão ter 10% de proteína digestível (PD) ou 13% de PB;
- Para a suplementação da mistura diária dos alimentos, tais como o feno de alfafa e silagem de milho, os concentrados deverão conter ao redor de 12% de PD ou, aproximadamente, 16% de PB;
- Com uma dieta com baixo teor proteico, como baseada em silagem de milho e feno de aveia, os concentrados a serem fornecidos deverão conter, aproximadamente, de 13,5 a 16% de PD, ou seja, de 18 a 21% de PB.

Os alimentos disponíveis nem sempre se encaixam nessas três regras citadas. Por exemplo, a proporção do feno de alfafa para a silagem de milho poderá variar muito afetando a necessidade de proteína exigida à adequada suplementação, através dos concentrados.

Existem outros fatores que podem influenciar na tomada de decisões. A checagem das entradas e saídas ou consumo-produção pode fornecer meios de ajuste a essas variações.

O fornecimento de proteínas em excesso não é prejudicial à saúde do animal, mas também não é aconselhável, dado que os suplementos proteicos são mais caros que os mais pobres em proteínas. Sendo assim, evitar o excesso de consumo de nutrientes torna-se um problema fundamentalmente econômico. Se a diferença de preços entre o suplemento proteico e um alimento energético for pequena, a importância do problema desaparece.

5.1 Procedimentos para o balanceamento de rações

a) caracterização dos animais

Caracterizar bem os animais a serem alimentados, em termos de categoria, idade, peso vivo, produção estimada (ganho de peso, produção de leite, teor de gordura do leite) etc.

b) obtenção das exigências nutricionais

Verificar os requerimentos nutricionais dos animais no que tange a energia, proteína bruta, cálcio, fósforo, aminoácidos etc., de acordo com a caracterização do animal, mencionado no item a).

c) levantamento e quantificação dos alimentos disponíveis

Levantar e quantificar os alimentos que estão disponíveis para o programa alimentar. Nesse momento, faz-se necessário mencionar o preço dos alimentos por kg.

d) levantamento da composição bromatológica

Relacionar a composição química dos alimentos a serem utilizados. Considerar na relação os nutrientes de maior interesse ou aqueles levantados nas exigências nutricionais.

e) Balanceamento da ração

Balancar os nutrientes levantados nas tabelas usando qualquer dos métodos descritos no item 5.2.

f) ajuste final

Ajustar a ração e outros nutrientes, se houver interesse, e verificar se todas as exigências foram atendidas e não haja excessos e se a combinação de alimentos é mais econômica, mediante o custo da ração por kg ou custo da ração por animal por dia.

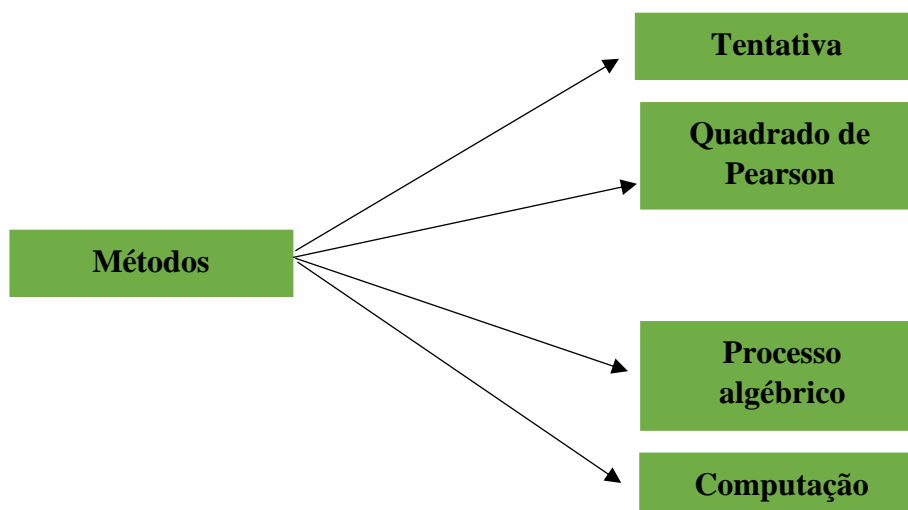
g) programa de alimentação

Elaborar um programa para uso dos alimentos ou da ração incluindo as recomendações práticas.

5.2 Métodos usados no balanceamento

O balanceamento de rações é a preparação equilibrada de uma porção alimentar onde se misturam vários produtos com o objetivo de suprir a necessidade nutricional dos animais.

Existem muitos métodos para o balanceamento de rações, no entanto, vamos discutir sobre os principais. A finalidade deste tópico é a abordagem dos vários métodos, e seus tratamentos matemáticos, usados no preparo de fórmulas de ração. Vamos preconizar apenas a metodologia matemática do cálculo, sem preocupar-se com a viabilidade das rações calculadas, que constituirão apenas sob exemplos hipotéticos. Todavia, outros exemplos já resolvidos serão dados conforme a viabilidade econômica e nutricional da ração para os bovinos.



Após a compreensão e entendimento dos métodos aplicados e explicados nesse trabalho, será tratado a formulação de rações específicas e práticas para a alimentação racional dos bovinos.

5.2.1 Método da tentativa

Aqui nenhum esquema é utilizado. O cálculo é feito através de tentativa, aumentando ou diminuindo as quantidades dos alimentos, até que as exigências do animal sejam atendidas. Dentro desse método temos a tentativa e erro e tentativa e técnica da substituição. A técnica das tentativas é trabalhosa e exige alguma experiência do formulador.

1. Como exemplo, será balanceada uma ração para uma vaca leiteira com uma exigência de 1,1 kg de PB e 6,41 NDT. Os alimentos disponíveis e sua composição bromatológica são:

Alimentos	Nutrientes		
	MS (%)	PB (%)	NDT (%)
Capim Napier	25	1,6	12
Fubá de Milho	88	9,3	80
Farelo de Algodão	90	30,0	63
Farelo de Trigo	89	15,0	63

Baseando-se nas exigências da vaca e na composição dos alimentos disponíveis, calculamos a ração por tentativa, ajustando as quantidades de alimentos até que as exigências sejam supridas. Desse modo, obtemos a dieta balanceada:

Alimentos	Kg	MS (kg)	PB (kg)	NDT (kg)
Capim Napier	25	6,25	0,4	3,0
Fubá de Milho	2,7	2,38	0,25	2,16
Farelo de Algodão	1,0	0,9	0,3	0,63
Farelo de Trigo	1,0	0,89	0,15	0,63
TOTAL	29,7	10,42	1,1	6,42
EXIGÊNCIAS		10,0	1,1	6,41

Transformando as quantidades dos alimentos concentrados para uma mistura percentual, obtemos:

Alimentos	Consumo/vaca/dia (kg)	%
Fubá de Milho	2,7	57,4
Farelo de Algodão	1,0	21,3
Farelo de Trigo	1,0	21,3
TOTAL	4,7	100

2. Em uma segunda tentativa, vamos determinar uma ração de 100 kg para um lote de vacas com uma exigência de 18% de PB, os alimentos disponíveis são o milho com 9% de PB e Farinha de Peixe com 53% de PB. (9% de PB = 90 g PB/kg).

1ª tentativa: usando 50% de milho + 50% de farinha de peixe, obtemos:

$$\text{PB da mistura: } (90 \times 0,5) + (530 \times 0,5) = 310 \text{ g/kg}$$

A mistura acima possui muito mais proteína do que o desejado (180 g/kg). Faz-se necessário o aumento da incorporação do milho (matéria-prima menos proteica) e a diminuição da incorporação da farinha de peixe (matéria-prima mais proteica). Em uma segunda tentativa, obtemos:

2ª tentativa: 90% de milho + 10% de farinha de peixe

$$\text{PB da mistura: } (90 \times 0,9) + (530 \times 0,1) = 134 \text{ g/kg}$$

A mistura possui menos proteína que o desejado, sendo assim, é necessário aumentar a incorporação da farinha de peixe (mais proteica) e diminuir a de milho (menos proteico), logo obtemos:

3ª tentativa: 79,5% de milho + 20,5% de farinha de peixe, teremos:

$$\text{PB da mistura: } (90 \times 0,795) + (530 \times 0,205) = 180,2 \text{ g/kg}$$

Por fim, em 100 kg de ração com 18% de PB a mistura deverá ser composta por 79,5% de milho e 20,5% de farinha de peixe.

3. Empregando a técnica da tentativa e substituição para o exemplo supra, vamos obter:

Deseja-se encontrar as porcentagens em que milho (9% PB) e farinha de peixe (53% PB) devem ser misturados de forma a obter uma mistura de 100 kg com 18% de PB. (Como sabemos 1% de PB equivale a 10 g PB/kg).

1ª tentativa: 50% milho + 50% farinha de peixe

$$\text{PB da mistura: } (90 \times 0,5) + (530 \times 0,5) = 310 \text{ g/kg}$$

A mistura possui 310 g de PB/kg, sendo o teor desejado de 180 g, ou seja, teremos que diminuir o teor proteico em 130 g (310 – 180). Para diminuir o teor proteico da mistura é necessário diminuir a % de farinha de peixe e aumentar a % de milho. A % que se retira a farinha de peixe é igual a % de aumento do milho. Desse modo, obtemos o cálculo do fator de substituição:

A farinha de peixe possui 530 g PB/kg

O milho possui 90 g PB/kg

A diferença do teor proteico entre a farinha de peixe e o milho (fator de substituição) = 440 g PB. Dessa forma, partiremos para o cálculo da quantidade a ser substituída, dada por:

$$\begin{array}{r} \text{A substituição de 100\% (FP} \rightarrow \text{M) ----- 440 g PB} \\ \text{X ----- 130 g PB} \end{array}$$

Pelo princípio da regra de três, obtemos: $100 \times 130 = 1300/440$, então $X = 29,5\%$.

Temos que diminuir 29,5% da farinha de peixe e aumentar 29,5% o milho. Cálculo da nova fórmula:

$$\text{Milho} = 50 + 29,5 = 79,5\%$$

$$\text{Farinha de peixe} = 50 - 29,5 = 20,5\%$$

Por fim, a mistura deverá ser composta por 79,5% de milho e 20,5% de farinha de peixe.

4. Deseja-se calcular 100 kg de ração utilizando o farelo de trigo, farinha de carne, fubá de milho e farelo de soja, observando as seguintes condições: PB deve ser igual a 17,89% e EM igual a 2.900 Kcal/kg. A recomendação é usar o farelo de trigo até 20% da ração total; farinha

de carne até 10% da ração total; farelo de soja até 40% da ração total; sal 0,8% e pré-mistura de vitaminas e minerais 0,2%. A composição bromatológica dos alimentos mencionados é disposta na tabela:

Alimentos	PB (%)	EM (Kcal/kg)
Farelo de trigo	16	1.526
Farinha de carne	50	1.835
Fubá de milho	9	3.416
Farelo de soja	45	2.283

A fórmula para a energia metabolizável é:

$$EM \text{ (kcal/kg)} = \frac{\text{Quantidade do ingrediente} \times EM \text{ kcal/kg}}{100}$$

1ª tentativa: observando as recomendações citadas, fixa-se as quantidades de farelo de trigo, farinha de carne, fubá de milho e farelo de soja de modo a equilibrar a PB e EM da ração. Assim, tomamos 63 kg de fubá de milho, logo a quantidade do farelo de soja será:

$$\text{Fubá de milho} + \text{farelo de soja} = 84 \text{ kg}$$

$$\text{Farelo de soja} = 84 - 63 = 21 \text{ kg}$$

Composição da ração em 1ª tentativa

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho	63	5,67	2152,08
Farelo de soja	21	9,45	479,43
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		
TOTAL	100	19,22	2875,86
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900
DÉFICE			24,14

Como houve um déficit de 24,14 kcal/kg de energia metabolizável, aumentamos a quantidade de fubá de milho para 66 kg e diminuimos a quantidade de farelo de soja para 18 kg. Sendo assim, faz-se uma nova tentativa com a finalidade do equilíbrio da PB e EM da ração. Métodos de Formulação e Balanceamento de Ração para Bovinos – E. I. C. da SILVA 45

Composição final da ração

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho	66	5,94	2254,56
Farelo de soja	18	8,1	410,94
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		
TOTAL	100	18,14	2909,85
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900

Por fim, a ração calculada apresenta 18,14% de PB e 2909,85 kcal/kg de EM o que satisfaz plenamente as exigências nutricionais de proteína e energia metabolizável desejadas.

Formulação na prática I:

Pelo método da tentativa, descrito supra, formular uma mistura para uma vaca de 450 kg de PV, com uma produção de 15 kg de leite/dia com 4,0% de gordura.

1º passo: Estabelecer as exigências:

Para um animal com essas características as exigências estabelecidas são:

Exigências de uma vaca de 450 kg de PV em energia, PB, Ca e P

Discriminação	NDT (kg)	PB (g)	Ca (g)	P (g)
Manutenção	3,44	403	17	14
Lactação	4,89	1305	40	27
TOTAL	8,33	1708	57	41

2º passo: Alimentos disponíveis e sua composição

Os alimentos disponíveis são silagem de milho, capim elefante napier, milho triturado, farelo de soja, farelo de trigo e pedra calcária em pó. É necessário estabelecer a composição bromatológica dos alimentos disponíveis, colocando as porcentagens de NDT, PB, Ca e P.

Composição bromatológica dos alimentos disponíveis

Alimentos	NDT (%)	PB (%)	Ca (%)	P (%)
Silagem de milho	18,1	2,2	0,1	0,06

Capim elefante N.	13,4	1,2	0,12	0,07
Milho triturado	80	9,3	0,02	0,33
Farelo de soja	73	45	0,32	0,67
Farelo de trigo	63	16	0,14	1,24
Pedra calcária em pó	-	-	38	-

3º passo: Ração de volumosos diários

A proporção entre volumosos e concentrados depende de alguns fatores entre os quais está a qualidade e a disponibilidade das forragens, o custo dos concentrados, o preço do leite etc. Na prática, recomenda-se as seguintes normas de fornecimento:

Limites de alimentos volumosos diários sobre o PV do animal

Alimentos	Limite aconselhável sobre PV (%)
Feno de boa qualidade	2 a 3
Silagem	4 a 6
Raízes e tubérculos	2 a 3
Capim tenro	6 a 8

A associação entre dois ou mais destes volumosos seria feito pelo critério da proporcionalidade.

Quando as vacas dispõem de bom pasto, admite-se que os requerimentos de manutenção e produção de até 5 kg de leite/dia, sejam supridos por meio do pastoreio. Todavia, faz-se necessário enfatizar que a qualidade das pastagens é variável conforme diversos fatores, sendo os principais a adubação, clima e idade da planta. Para esse cálculo, suponhamos a seguinte ração de volumosos:

Silagem de milho ----- 18 kg

Capim elefante ----- 9 kg

4º passo: Dedução da composição bromatológica dos alimentos volumosos

Nutrientes contidos em 18 kg de silagem de milho e 9 kg de capim elefante, exigências totais e déficit ou excesso

Discriminação	NDT (kg)	PB (kg)	Ca (g)	P (g)
18 kg de silagem	3,26	0,396	18	10
9 kg de capim elefante	1,206	0,108	10	6

Total (1)	4,466	0,504	28	16
Exigências totais (2)	8,33	1,708	57	41
Défice (1-2)	- 3,864	- 1,204	- 29	- 25

5º passo: Formular a ração dos alimentos concentrados corretivos do défice

Como ocorre défice de proteína, torna-se necessária uma dosagem bastante alta de farelo de soja (matéria-prima com maior teor proteico).

Quantidade de nutrientes fornecidos por 39 kg de milho triturado, 35 kg de farelo de soja, 25 kg de farelo de trigo e 1 kg de pedra calcária

Discriminação	NDT (kg)	PB (kg)	Ca (g)	P (g)
39 kg de milho triturado	31,2	3,63	7,8	128,7
35 kg de farelo de soja	25,55	15,75	112	234,5
25 kg de farelo de trigo	15,75	4,0	35	310
1 kg de pedra calcária	-	-	380	-
TOTAL	72,5	23,38	534,8	679,2

Agora, é necessário verificar a quantidade diária que deve ser fornecida. Para tal, é verificado primeiro a quantidade necessária para completar as exigências em energia (NDT). Na fórmula obtém-se através de uma regra de três, a quantidade de mistura que fornece 3,864 kg de NDT:

100 kg de mistura fornece 72,5 kg de NDT

X kg fornecerão 3,864 kg que é o défice da ração volumosa, então:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 72,5 \\ X \text{ ----- } 3,864 \end{array}$$

$$X = 100 \times 3,864/72,5$$

$$X = 5,33 \text{ kg}$$

Resta verificar se os 5,33 kg de mistura cobrem o défice de proteína que é de -1,204.

Novamente, aplicamos a regra:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 23,38 \\ 5,33 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 5,33 \times 23,38/100$$

X = 1,246, portanto, satisfaz plenamente o défice da dieta de volumosos fornecida.

Deficiência em NDT, PB, Ca e P que são atendidas com 5,3 kg da mistura

Discriminação	NDT (kg)	PB (kg)	Ca (g)	P (g)
Deficiências	3,864	1,204	29	25
5,3 kg de mistura	3,864	1,246	29	36
Diferença	0	0,042	0	+11

Ração completa para a produção de 15 litros de leite/dia/vaca

Dieta	Ração (kg)
Silagem de milho	18
Capim elefante	9
Mistura de concentrados	5,3

Essa mistura satisfaz plenamente os requisitos. O pequeno excesso de proteína seria usado pelo organismo como fonte energética, caso houvesse uma mistura de concentrados. Os níveis de Ca e P mostram-se dentro dos limites aceitáveis. O sal iodado poderá ser fornecido separado e à vontade, ou ser incorporado à ração dos concentrados na base de 0,5%.

Formulação na prática II:

Deseja-se formular 100 kg de ração balanceada com 14% de PB para novilhos em etapa final de engorda. Depois de formulada e equilibrada faz-se necessário calcular a quantidade necessária para cada animal segundo o PV.

Planejamento inicial

Alimentos	PB (%)	% disponível na fazenda
Pasto	10	50
Cevada	10	45
Farinha semente de algodão	41	5

1º passo: Calcular a proteína total dos alimentos disponíveis.

A – *Pasto*: 50 kg ----- 100% do produto disponível

X ----- 10% de proteína

$$X = 50 \times 10/100$$

X = 5 kg de proteína no pasto

B – *Cevada*: 45 ----- 100%

X ----- 10%

$$X = 45 \times 10/100$$

X = 4,5 kg de proteína

C – *Farinha de semente de algodão*: 5 ----- 100%

X ----- 41%

$$X = 5 \times 41/100$$

X = 2,05 kg de proteína

Somando-se a quantidade total de proteína disponível nos alimentos obtemos:

$$5 + 4,5 + 2,05 = 11,55 \text{ kg de proteína em } 100 \text{ kg de mistura}$$

Isso significa que a mistura possui 11,55% de PB em sua composição.

A % desejada é de 14% e a mistura possui 11,55%, ou seja, há um déficit de 2,45%.

Logo, faz-se necessário a incorporação de um alimento rico em PB, nesse caso, aumentar a quantidade de FSA e diminuir a de cevada. A % de PB da FSA é de 41% e a de cevada é de 10%, logo há uma diferença de 31%, que denominamos de fator de substituição e o transformamos em 0,31. Logo, temos o valor de substituição (0,31) e a quantidade de proteína a ser adicionada, então faz-se necessário a divisão da proteína faltante pelo valor de substituição:

$$2,45/0,31 = 7,9$$

A porcentagem a ser substituída é de 7,9%, aproximando para 8%. Logo, devemos diminuir 8% a incorporação da cevada e aumentar 8% a quantidade de FSA. Vejamos o planejamento:

Revisando a fórmula inicial e incluindo os novos valores, obtemos:

Alimentos	Quantidade (kg)	Nova quantidade (kg)	Proteínas (%)	Proteínas aportadas (%)
Pasto	50	50	10	5,0
Cevada	45 – 8 =	37	10	3,7
FSA	5 + 8 =	13	41	5,33
TOTAL	100	100	-	14,03

Logo, achamos a porcentagem de proteína desejada na mistura que é de 14%, o que satisfaz plenamente as exigências dos novilhos em engorda a pasto com a suplementação concentrada de cevada e FSA no cocho. Conclui-se, então, que para balancear uma ração de 100 kg com 14% de PB para novilhos em engorda é necessário 50 kg de forragem com 10% de PB, 37 kg de cevada com 10% de PB e 13 kg de farinha de semente de algodão com 41% de PB.

5.2.2 Método do quadrado de Pearson

É a técnica mais utilizada para cálculo de rações em função de sua simplicidade. A ração é calculada levando-se em consideração o valor relativo ou percentual de um dado nutriente, que é a proteína. Esse método estabelece as proporções entre dois alimentos, ou entre duas misturas de alimentos, de forma a obter um valor real para a proteína em relação ao teor proteico dos dois alimentos misturados.

Para esse método é necessário o conhecimento prévio de alguns conceitos, tais como:

- Usar de preferência um alimento proteico e outro energético;
- O teor de proteína escolhido para a mistura deve estar compreendido entre o teor proteico dos alimentos escolhidos;
- Os dados à esquerda e no centro do quadrado devem estar expressos em porcentagem ou na mesma unidade para a facilitação do cálculo. Se desejarmos, por exemplo, fazer 78 kg de mistura com 14% de PB, para usarmos esse método temos que transformar os 14 kg de PB para % e o resultado será 18% ($14 \times 100/78$);
- Os dados à esquerda referem-se aos alimentos e ao teor proteico dos mesmos, o dado no centro refere-se ao teor de proteína final da ração, ou seja, ao objetivo do cálculo, os dados à direita se referem as partes em que cada alimento irá compor a ração;
- A diferença efetuada diagonalmente deverá ser expressa em valor absoluto, isto é, subtraindo o menor valor do maior.

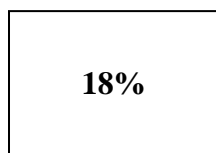
Para elucidar melhor esse método vamos calcular exemplos.

Cálculo de ração com dois alimentos

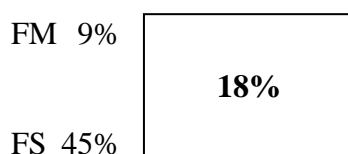
1. Deseja-se uma mistura com 18% de PB utilizando-se o fubá de milho 9% de PB e farelo de soja 45% de PB.

Para solucionarmos o problema devemos realizar o seguinte procedimento:

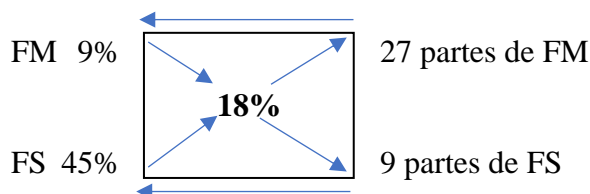
1º desenhar um quadrado e colocar no seu centro a % de proteína desejada na mistura que é 18%.



2º colocar em cada ângulo do lado esquerdo do quadrado, a % de proteína de cada alimento que irá compor a mistura. Nesse caso, será 9% de PB para o fubá de milho (FM) e 45% de PB para o farelo de soja (FS).



3º fazer a diferença entre os números, diagonalmente, colocando os resultados nos ângulos do lado direito, em valor real e absoluto, isto é, subtrair os maiores valores dos menores. Assim obtemos a subtração entre $45 - 18 = 27$ e $18 - 9 = 9$. Dessa forma:



4º os resultados são expressos em partes de cada alimento que temos que incluir para compor uma mistura com 18% de PB. Logo, temos que juntar as partes, ou seja, 27 partes do FS e 9 partes do FM, totalizando 36 partes totais.

5º as quantidades de cada alimento devem ser expressas em % do total. Sendo assim, se para 36 partes de mistura tem-se que incluir 27 partes de FM, então, para 100 partes teremos 75 de FM ($27 \times 100/36$). O restante será de FS, ou seja, 25 partes ($100 - 75$). Pelo princípio da regra de três obtemos esses resultados.

Para 100 partes ou 100 kg de mistura, teremos:

$$\begin{array}{l} 36 \text{ partes de mistura} \text{ ----- } 27 \text{ partes de FM} \\ 100 \text{ partes de mistura} \text{ ----- } X \text{ partes} \end{array}$$

$$X = 100 \times 27/36$$

$X = 75$ partes ou 75% de FM que, para 100 kg de mistura, corresponde a 75 kg.

O restante corresponde ao FS, onde temos:

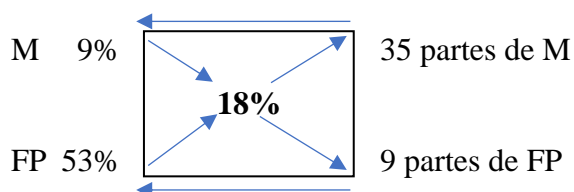
100 partes de mistura – 75 partes de FM = 25 partes ou 25% de FS que, para 100 kg de mistura, corresponde a 25 kg.

Resumindo os resultados em um quadro, teremos:

Alimento	Kg	PB (kg)	Cálculo para achar a PB (kg)
Fubá de Milho	75	6,75	Se 9% é 100 em x é 75, logo $9 \times 75/100 = 6,75$
Farelo de soja	25	11,25	Se 45% é 100 em x é 25, logo $45 \times 25/100 = 11,25$
TOTAL	100	18,0	

A quantidade de FM e FS na mistura satisfaz plenamente os requisitos de 18% de PB na mistura.

2. Usando o exercício 2 do item 5.2.1 – Determinar a % em que o milho 9% PB e farinha de peixe 53% PB devem ser misturados de forma a obter uma ração de 100 kg com 18% de PB.



Somando as partes de milho e farinha de peixe, obtemos: $35 + 9 = 44$ partes totais.

Agora calculamos a incorporação dos alimentos, mediante uma regra de três simples:

A - *Farinha de peixe:*

$$\begin{array}{r} 100\% \text{ da mistura} \text{ -----} 44 \text{ partes} \\ X \text{ -----} 9 \text{ partes} \end{array}$$

$$X = 100 \times 9/44$$

$$X = 20,5\% \text{ de FP ou } 20,5 \text{ kg.}$$

B - *Milho:*

$$\begin{array}{r} 100\% \text{ da mistura} \text{ -----} 44 \text{ partes} \\ X \text{ -----} 35 \text{ partes} \end{array}$$

$$X = 100 \times 35/44$$

$$X = 79,5\% \text{ ou kg de milho}$$

$$\text{Ou, de outra forma: } 100\% - 20,5\% \text{ da FP} = 79,5\% \text{ ou kg de milho.}$$

Verificando os resultados, vamos transformar as % PB de milho e farinha de peixe em g/kg, dessa forma vamos obter 9% PB milho é igual a 90 g PB/kg e 53% PB da farinha de peixe é igual a 530 g PB/kg, obtemos:

$$PB = (90 \times 0,795) + (530 \times 0,205) = 180 \text{ g de PB/kg ou } 18\% \text{ de PB.}$$

3. Usando o exercício 4 do item 5.2.1 – calcular 100 kg de ração com 17,89% PB e 2900 kcal/kg de EM, utilizando farelo de trigo, farinha de carne, fubá de milho e farelo de soja. Requisitos: farelo de trigo até 20%, farinha de carne até 10%, farelo de soja até 40%, sal 0,8% e pré-mistura vitamínica e mineral 0,2%.

Como já calculado, vamos resguardar a prefixação das quantidades de farelo de trigo 10 kg, farinha de carne 5 kg, sal 0,8 kg e pré-mistura de vitaminas e minerais 0,2 kg.

Composição inicial da ração

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho			
Farelo de soja			
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		
TOTAL	16	4,1	244,35
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900
DÉFICE	84	13,79	2655,65

Devemos calcular a quantidade de incorporação do fubá de milho e farelo de soja que juntos somam 84% ou 84 kg da ração. A união desses dois alimentos deverá suprir o déficit de 13,79% de PB, para tanto seguimos a fórmula:

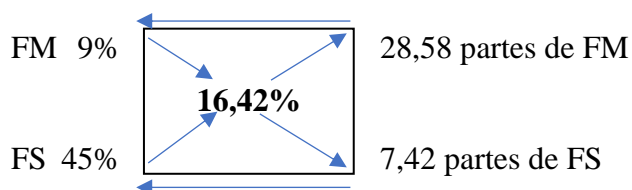
$$84 \text{ kg de mistura ----- } 13,79 \text{ kg de PB}$$

$$100 \text{ kg de mistura ----- } X$$

$$X = 100 \times 13,79/84$$

$$X = 16,42\% \text{ de PB}$$

Agora que temos a PB desejada para suprir o déficit, seguimos pelo quadrado:



Somando os valores das partes, temos 36 partes totais (28,58 + 7,42).

Então, partimos para o cálculo da incorporação dos alimentos:

$$36 \text{ kg da mistura FM + FS} \text{ ----- } 28,58 \text{ kg de FM}$$

$$84 \text{ kg da mistura FM + FS} \text{ ----- } X$$

$$X = 84 \times 28,58/36$$

$$X = 66,69 \text{ kg de fubá de milho}$$

Desse modo calculamos a quantidade do FS: $84 - 66,69 = 17,31$ kg de farelo de soja.

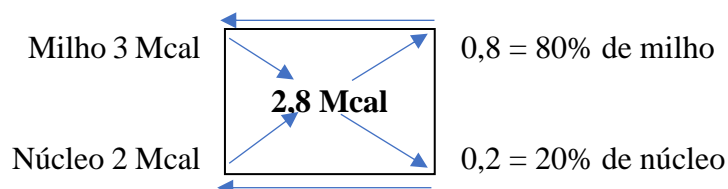
Composição final da ração

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho	66,69	6,0	2278,13
Farelo de soja	17,31	7,79	395,18
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		
TOTAL	100	17,89	2917,66
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900

Em 100 kg de ração com 18% de PB é necessário a mistura de 10 kg de farelo de trigo, 5 kg de farinha de carne, 66,69 kg de fubá de milho, 17,31 kg de farelo de soja, 0,8 kg de sal e 0,2 kg de vitaminas e minerais que satisfaz plenamente as exigências requeridas.

4. Deseja-se formular uma ração de engorda (EM = 2,8 Mcal/kg e PB 15%) com milho (EM 3,0 Mcal/kg e 9% PB) e núcleo proteico (EM 2,0 Mcal/kg e 40% de PB).

Primeiro, balanceamos a energia com o método em questão, onde obteremos:



Agora, verificamos a proteína:

$$\text{Proteína: } [(80 \times 9) + (20 \times 40)] / 100 = 15,2 \text{ ou } 15\%$$

Então, a ração será composta de 80% milho e 20% de núcleo com um teor proteico de 15% PB.

Formulação na prática I:

Em uma propriedade, temos à disposição beterraba forrageira e núcleo proteico como suplemento. A composição bromatológica é a seguinte:

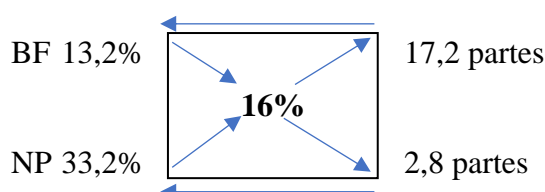
Alimento	MS (%)	PB (%)	NDT (%)
Beterraba forrageira	10,6	13,2	54
Núcleo proteico	94	33,2	57

Como podemos observar, a mistura será composta de um alimento energético que é a beterraba forrageira e outro alimento proteico que é o núcleo proteico. Para essa formulação, baseamo-nos nas necessidades de proteína.

Nesse exemplo, formularemos uma dieta para uma vaca de 480 kg de PV, que se encontra no 6º mês de gestação com uma produção leiteira de 7 litros/dia. Através dessa informação obtemos os seguintes dados antes de balancear a ração:

- Vacas em produção necessitam de 16% de PB na ração;
- Uma vaca de 480 kg consome 3,2% de MS em relação ao seu peso vivo;
- 3,2% de 480 kg corresponde a 15,36 kg de MS que a vaca necessita/dia;
- A necessidade energética da vaca é de 3,7 a 4,4 kg de NDT.

Agora, partimos para o cálculo mediante o quadrado, onde vamos obter:



Desse modo, obtemos 17,2 partes de beterraba forrageira para cada 2,8 partes de núcleo proteico. A soma das partes é igual à 20 (17,2 + 2,8) partes totais.

O próximo passo é determinar a % de incorporação de cada alimento. Desse modo obteremos:

A – beterraba forrageira:

$$20 \text{ partes} \text{ ----- } 100\%$$

$$17,2 \text{ partes} \text{ ----- } X$$

$$X = 17,2 \times 100/20$$

$$X = 86\% \text{ de beterraba forrageira}$$

B – núcleo proteico:

20 partes ----- 100%

2,8 partes ----- X

$$X = 2,8 \times 100/20$$

X = 14%, ou simplesmente:

100% - 86% de beterraba forrageira = 14% de núcleo proteico.

A vaca do exemplo citado consome 15,36 kg de matéria seca/dia. Neste caso, 15,36% de MS indica 100% dos 86% de beterraba forrageira e 14% de núcleo proteico. Logo, quantos kg se misturam cada alimento? Para responder fazemos os cálculos:

Dizemos que 15,36 kg de MS é 100% de consumo, quantos kg de núcleo proteico corresponde 14%?

15,36 ----- 100%

X ----- 14%

$$X = 15,36 \times 14/100$$

X = 2,15 kg de núcleo proteico.

Fazemos o mesmo esquema para a beterraba forrageira:

15,36 ----- 100%

X ----- 86%

$$X = 15,36 \times 86/100$$

X = 13,2 kg de beterraba forrageira

É fornecido 13,2 kg de beterraba forrageira e 2,15 kg de núcleo proteico.

No entanto, os alimentos possuem água. A umidade é a diferença da MS. Nesse caso, a beterraba forrageira possui 10,6% de MS e o restante é umidade, ou seja, 89,4%. O núcleo proteico possui 94% de MS e 6% de umidade. Nesse caso, devemos fazer alguns cálculos básicos, onde teremos:

13,2 kg de beterraba forrageira ----- 10,6% MS

X ----- 89,4% de água

$$X = 13,2 \times 89,4/10,6$$

X = 111,32 kg de umidade, então, a beterraba f. em seu estado natural deverá ser administrada ao animal na ordem de 13,2 + 111,32 = 124,5 kg/dia/vaca.

Para o núcleo proteico, procedemos da mesma maneira:

2,15 kg ----- 94% de MS

X ----- 6%

$$X = 2,15 \times 6/94$$

$X = 0,14$ kg de água, então, o núcleo proteico deve ser fornecido ao animal na ordem de $2,15 + 0,14 = 2,3$ kg de núcleo/dia/vaca.

Observações: o consumo de pastos e forragens oscila entre 50 e 70 kg diários para animais adultos. Em nosso exemplo, o consumo é maior devido ao alto teor de água presente na beterraba forrageira, o que pode ser uma fonte alternativa em regiões semiáridas.

Recomendações: os bovinos devem consumir pastos de boa qualidade já que é a base de sua alimentação e é o produto mais barato que o criador pode conseguir. Com a utilização da forragem antes do florescimento dos pastos, pode-se encontrar altos teores em proteínas ideais para as necessidades dos animais, sem ter que suplementar a ração ou realizar os balanceamentos necessários para alcançar os nutrientes requeridos de uma boa alimentação.

O balanceamento de rações deve ser feito depois da conclusão de que o pasto não oferece os requerimentos nutricionais dos animais.

Na segunda parte da formulação balancearemos a energia.

A ração com PB balanceada nos oferece:

1. núcleo proteico: 2,15 kg MS com 57% de NDT = (57% de 2,15) = 1,23 kg de NDT
2. beterraba forrageira: 13,2 kg MS e 54% de NDT = (54% de 13,2) = 7,13 kg de NDT

Os requerimentos da vaca, dada a informação, correspondem a 4,0 kg de média de NDT (3,7 a 4,4). A ração nos oferece 8,36 kg de NDT. Isso nos indica que apesar do conteúdo proteico estar balanceado, os requisitos em NDT ultrapassam 4,36 kg.

Continuando com a formulação supra para balancear a energia, teremos que reformular a ração incluindo um novo ingrediente que contenha aproximadamente 16% de PB e um mínimo de NDT para poder baixar a energia aportada no balanceamento anterior a, pelo menos, metade.

Vamos balancear a ração anterior, mas agora levando em consideração os requerimentos energéticos, sem modificar o teor proteico de 16%.

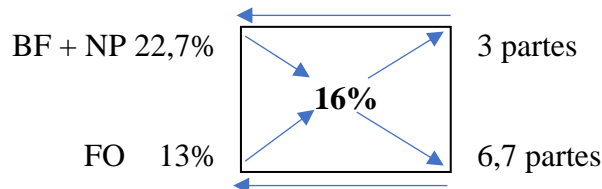
1º passo: selecionar a matéria-prima: beterraba forrageira misturada com 50% de cada uma; núcleo proteico e farinha de ossos que é um produto com teor energético baixo e se aproxima da proteína bruta da ração.

Análise bromatológica dos alimentos disponíveis

Alimentos	MS (%)	PB (%)	NDT (%)
Beterraba F.	10,6	13,2	57

Núcleo proteico	94	32,2	57
Farinha de ossos	99,5	13	16

O teor proteico da beterraba f. e o núcleo equivale a $13,2 + 32,2/2 = 22,7\%$. Por sua vez, o teor proteico da FO é de 13%, logo partimos para o método:



Somando as partes $3 + 6,7$ temos as partes totais que é $9,7$. Encontramos a % em que cada parte participa na mistura, tendo em conta que $9,7$ partes equivalem a 100%.

Agora, calcula-se a % dos ingredientes:

A – *farinha de ossos*:

$$\begin{array}{r} 9,7 \text{ ----- } 100\% \\ 6,7 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 6,7 \times 100/9,7$$

$$X = 69\%$$

B – *beterraba f. e núcleo p.*:

$$\begin{array}{r} 9,7 \text{ ----- } 100\% \\ 3 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 3 \times 100/9,7$$

$$X = 31\%$$

Sabemos que a vaca consome 15,36 kg de MS, que corresponde a 100%, então, calculamos a % de cada ingrediente na mistura:

A – *farinha de ossos*:

$$\begin{array}{r} 15,36 \text{ ----- } 100\% \\ X \text{ ----- } 69\% \end{array}$$

$$X = 15,36 \times 69/100$$

$$X = 10,6\% \text{ ou } 10,6 \text{ kg de FO na mistura.}$$

B – *beterraba e núcleo*:

$$15,36 \text{ ----- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 31\%$$

$$X = 15,36 \times 31/100$$

X = 4,76 kg de mistura beterraba forrageira e núcleo.

O próximo passo é encontrar os NDT dos produtos balanceados (tomando os NDT da tabela inicial do exemplo). Os 4,76 kg de NDT da beterraba forrageira e do núcleo proteico correspondem a metade para cada um, ou seja, 2,38 kg para a BF e 2,38 kg para o NP.

Recordemos que a beterraba forrageira possui 54% de NDT, o núcleo 57% e a farinha de ossos 16%. Partimos para o cálculo:

$$\text{Beterraba f.: } 2,38 \times 54\% = 1,28 \text{ kg de NDT}$$

$$\text{Núcleo p.: } 2,38 \times 57\% = 1,35 \text{ kg de NDT}$$

$$\text{Farinha de o.: } 10,6 \times 16\% = 1,70 \text{ kg de NDT}$$

Somando as partes de NDT dos alimentos, obtemos um total de 4,33 kg de NDT.

Os requerimentos energéticos de uma vaca de 480 kg de PV, oscilam entre 3,7 e 4,4 kg de NDT, mas depende de fatores como etapa produtiva, quantidade de leite produzido, porcentagem de gordura no leite, meses de gestação etc. Em nosso exemplo, cobre-se as necessidades energéticas já que a ração nos fornece 4,33 kg de NDT.

O último passo é passar os alimentos para seu estado natural, ou seja, com a quantidade de água contida neles. Para elucidar seguem-se os cálculos:

A – *beterraba forrageira*:

$$2,38 \text{ kg de MS} \text{ ----- } 10,6\%$$

$$X \text{ ----- } 100\%$$

$$X = 2,38 \times 100/10,6$$

X = 22,45 kg de beterraba f. em seu estado natural

B – *núcleo proteico*:

$$2,38 \text{ kg de MS} \text{ ----- } 94\%$$

$$X \text{ ----- } 100\%$$

$$X = 2,38 \times 100/94$$

X = 2,53 kg de núcleo proteico em seu estado natural

C – *farinha de ossos*:

$$10,6 \text{ kg de MS} \text{ ----- } 99,5\%$$

$$X \text{ ----- } 100\%$$

$$X = 10,6 \times 100/99,5$$

X = 10,65 kg de farinha de ossos em seu estado natural

O total de alimento fornecido é de 35,63 kg de ração/vaca/dia.

Observamos que o núcleo proteico e a farinha de ossos tomam-se como matéria seca devido à baixa presença de umidade em sua composição e representam 58% da ração total, por esta razão, lembremos das recomendações de água desse trabalho e desenrolaremos o consumo de água dos animais.

$$2 \text{ litros de água} \times 13 \text{ kg de MS (NP + FO)} = 26 \text{ litros de água}$$

$$4 \text{ litros de água} \times 7 \text{ litros de leite} = 28 \text{ litros de água}$$

Somando temos 54 litros + 10% necessários = 54 + 5,4 = 59,4 litros de água que devem ser consumidos pela vaca diariamente.

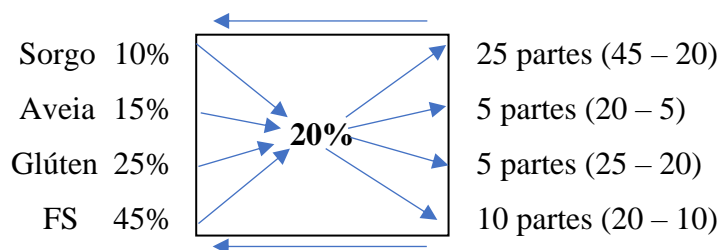
Balanceda a proteína, energia (NDT) e a quantidade de água que deve-se colocar à disposição do animal, faz-se necessário o aporte de minerais e vitaminas da dieta. Por exemplo, para cada 10 litros de leite adiciona-se 18 gramas de sal mais 25 gramas de sal para as funções corporais. Em geral, temos em conta que, para esse tipo de vaca, devem-se ser administrados de 56 a 65 g de sal por dia por vaca.

Para terminar com o exemplo, devemos ter em conta que essa vaca em produção leiteira necessita de 2,2 g de Ca e 1,7 g de P para cada litro de leite produzido quando a produção for maior que 10 litros diários. Esses elementos podem ser fornecidos através das pré-misturas comerciais.

Cálculo de ração com três ou mais alimentos (quadrado composto)

Como visto anteriormente, o quadrado de Pearson só admite a formulação de dois alimentos ou grupos de alimentos, entretanto o conhecimento da formulação da mistura com 2 alimentos serve de alicerce inicial, para a formulação de uma mistura com três ou mais alimentos. Vejamos os exemplos para elucidar melhor a técnica.

1. utilizando os alimentos disponíveis na fazenda, sorgo (10% PB); aveia (15% PB); glúten (25% PB) e farelo de soja (45%), formular uma dieta que contenha 20% de PB em sua composição. Pelos conhecimentos prévios, vamos aos cálculos:



Somando as partes obtemos as partes totais: $25 + 5 + 5 + 10 = 45$ partes totais. Aplicando a regra de três para a quantidade dos ingredientes vamos obter:

$$45 \text{ ----- } 100$$

$$10 \text{ ----- } X$$

$$X = 10 \times 100/45$$

$$X = 22,2\%$$

$$45 \text{ ----- } 100$$

$$5 \text{ ----- } X$$

$$X = 5 \times 100/45$$

$$X = 11,1\%$$

$$45 \text{ ----- } 100$$

$$5 \text{ ----- } X$$

$$X = 5 \times 100/45$$

$$X = 11,1\%$$

$$45 \text{ ----- } 100$$

$$25 \text{ ----- } X$$

$$X = 25 \times 100/45$$

$$X = 55,6\%$$

Esses valores nos indicam a % de sorgo (55,6%), aveia (11,1%), glúten (11,1%) e farelo de soja (22,2%) que deve compor a ração.

Levando a mistura para uma tabela vamos obter:

Composição final da ração

Alimentos	Quantidade (% ou kg)	PB (kg)	Cálculos para achar PB
Sorgo	55,6	5,56	$55,6 \times 10/100$
Aveia	11,1	1,66	$11,1 \times 15/100$
Glúten	11,1	2,78	$11,1 \times 25/100$
Farelo de soja	22,2	10	$22,2 \times 45/100$
TOTAL	100	20	

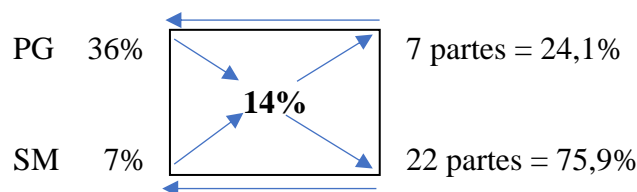
Por fim, a ração contém 20% de PB que era o percentual desejado na fórmula.

2. Formular uma ração com 14% de PB e 2,6 Mcal/kg de EM, utilizando os seguintes alimentos:

Alimentos	PB (%)	EM (Mcal/kg MS)
Pellet de girassol	36	2,8
Silagem de milho	7	2,3
Grãos de milho	9	3,3
Ureia	287,5 (46% x 6,25)	-

O primeiro passo é determinar as misturas A e B, ambas com um alimento energético e outro proteico. Pelos cálculos vamos obter:

Mistura A com pellet de girassol e silagem de milho:



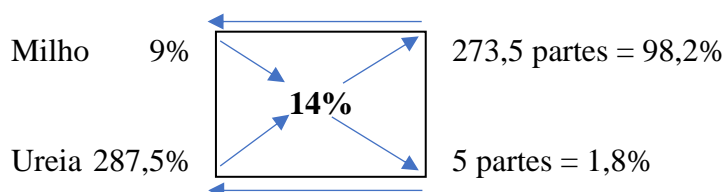
A soma das partes é igual à 29 partes totais (9 + 22). A percentagem de cada ingrediente é dada por:

$$\begin{array}{r} 29 \text{ ----- } 100 \\ 7 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 7 \times 100/29 = 24,1\% \text{ de pellet de girassol}$$

Logo, 100% - 24,1% de PG = 75,9% de silagem de milho.

Mistura B:



A soma das partes é igual à 278,5 partes totais (273,5 + 5). A percentagem de cada ingrediente é dada por:

$$\begin{array}{r} 278,5 \text{ ----- } 100 \\ 273,5 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 273,5 \times 100/278,5 = 98,2\% \text{ de milho, então para achar a \% da ureia:}$$

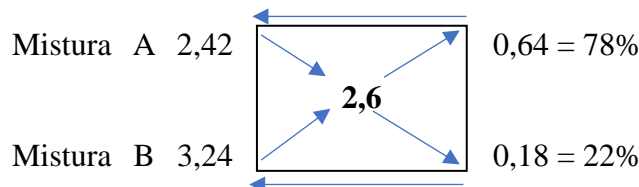
$$100\% - 98,2\% \text{ de M} = 1,8\% \text{ de ureia.}$$

O próximo passo é a determinação energética de cada mistura dada por:

$$\text{Mistura A: } (2,8 \times 0,241) + (2,3 \times 0,759) = 2,42 \text{ Mcal/kg MS de EM}$$

$$\text{Mistura B: } (3,3 \times 0,982) + (0 \times 0,018) = 3,24 \text{ Mcal/kg MS de EM}$$

Para balancear a energia vamos ao quadrado simples, onde vamos obter:



Somando cada parte energética ($0,64 + 0,18$), obtemos a parte energética total que é 0,82. Para achar a porcentagem fazemos uma regra de três simples.

$$0,82 \text{ ----- } 100$$

$$0,64 \text{ ----- } X$$

$X = 0,64 \times 100/0,82 = 78\%$ da mistura A, o restante para 100% é a mistura B, ou seja, 22%.

Agora, determinamos a participação de cada ingrediente na ração, do qual obtemos:

$$\text{Pellet de girassol: } 78 \times 24,1/100 = 18,8\%$$

$$\text{Silagem de milho: } 78 \times 75,9/100 = 59,2\%$$

$$\text{Grãos de milho: } 22 \times 98,2/100 = 21,6\%$$

$$\text{Ureia: } 22 \times 1,8/100 = 0,4\%$$

Verificando o teor de proteínas de cada alimento, vamos obter:

$$\text{PB pellet g.} = 18,8 \times 36 = 676,8$$

$$\text{PB silagem de m.} = 59,2 \times 7 = 414,4$$

$$\text{PB grão de m.} = 21,6 \times 9 = 194,4$$

$$\text{PB ureia} = 0,4 \times 287,5 = 115$$

Somando-se os valores de PB dos alimentos disponíveis e dividindo-se por 100, vamos obter a % de PB da ração, assim:

$$676,8 + 414,4 + 194,2 + 115 = 1400/100 = 14\% \text{ de PB}$$

Verificando o conteúdo energético dos alimentos, obteremos:

$$\text{EM pellet g.} = 18,8 \times 2,8 = 52,64$$

$$\text{EM silagem de m.} = 59,2 \times 2,3 = 136,16$$

$$\text{EM grão de m.} = 21,6 \times 3,3 = 71,3$$

$$\text{EM ureia} = 0,4 \times 0 = 0$$

Somando os valores de EM dos alimentos e dividindo-os por 100 obteremos a EM da ração:

$$52,64 + 136,16 + 71,3 + 0 = 260,1/100 = 2,6 \text{ Mcal/kg MS de EM.}$$

3. Deseja-se formular uma ração balanceada com 22% PB, usando farelo de trigo 16% PB, fubá de milho 9% PB e farelo de soja 45% PB.

Para solucionarmos esse problema devemos trabalhar com ingredientes fixos que são aqueles cuja % na mistura é previamente misturada, isto é, pré-fixada.

No caso desse exemplo, temos dois alimentos energéticos (FT e FM) e um proteico (FS). Devemos, portanto, pré-fixar a quantidade de um dos alimentos energéticos e deixar o outro para ser calculado juntamente com o alimento proteico. Neste caso, o FT será pré-fixado, sabendo que esse ingrediente pode ser integrado em até 30% da ração, fixaremos a quantidade do mesmo em 25 kg e calcularemos o déficit da exigência. No quadro seguinte, elucidamos esse cálculo:

Componentes	Kg	PB (kg ou %)
Exigências do animal	100	22
Fornecido pelo FT	25	4 (25 x 16/100)
Défice da exigência	75	18

O déficit da exigência em PB (18%) deverá ser suprido pela mistura não fixa da ração, sendo essa o FS e o FM. A união desses alimentos deverá fornecer 18 kg de PB em 75 kg de mistura.

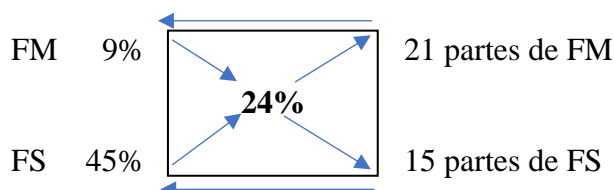
Para que a % do déficit proteico seja utilizado no quadrado, é necessário calcular a % proteica exigida na combinação de FM e FS, para fornecer 18 kg e PB em 75 kg de mistura. Dessa forma obtemos:

$$\begin{array}{r} 75 \text{ ----- } 18 \\ 100 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 100 \times 18/75$$

$$X = 24\%$$

Esses 24% é usado no centro do quadrado para as determinações das partes de FM e FS, como segue:



O total da mistura é 36 partes (21 + 15). Como a mistura dos dois alimentos deverá suprir 75 partes da mistura total, devemos calcular as quantidades necessárias de cada ingrediente, usando as proporções encontradas supra. Dessa forma vamos obter:

A – *fubá de milho*:

$$36 \text{ ----- } 21$$

$$75 \text{ ----- } X$$

$$X = 21 \times 75/36$$

$$X = 43,75\% \text{ ou kg de FM na mistura}$$

B – *farelo de soja*:

Pelo método mais simples, temos: $75 - 43,75 \text{ kg de FM} = 31,25\% \text{ ou kg de FS}$.

Sabemos, então, que a mistura será composta por 43,75 kg de fubá de milho, 25 kg de farelo de trigo e 31,25 kg de farelo de soja. Vamos verificar o teor proteico dos alimentos:

$$\text{PB dos ingredientes: } [(FM 9 \times 43,75) + (FT 16 \times 25) + (FS 45 \times 31,25)]/100$$

$$\text{PB dos ingredientes: } [(FM 393,75) + (FT 400) + (FS 1406,25)]/100$$

$$\text{PB dos ingredientes: } 2200/100 = 22\%$$

Levando os resultados para uma tabela obtemos:

Composição final da mistura

Alimentos	Kg na mistura	PB (kg ou %)	Cálculo para determinar a PB
Fubá de milho	43,75	3,94	$9 \times 43,75/100$
Farelo de trigo	25	4	$16 \times 25/100$
Farelo de soja	31,25	14,06	$45 \times 31,25/100$
TOTAL	100	22	

Logo, sabemos que a mistura satisfaz plenamente os requisitos dos animais.

4. Pegando o exemplo anterior, vamos novamente calcular a ração com 22% PB introduzindo agora mais três partes fixas que é 1% de sal comum mais 1% de farinha de ossos (FO) e mais 1% de calcário.

Primeiro, devemos montar o quadro, pré-fixar os ingredientes e calcular o déficit da exigência, análogo ao problema supra. Sendo assim, vamos obter:

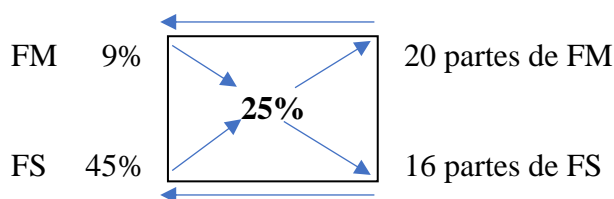
Componentes	Kg na mistura	PB (% ou kg)
Exigências do animal	100	22
Fornecido pelo FT	25	4
Fornecido pelo sal	1	-
Fornecido pela FO	1	-
Fornecido pelo calcário	1	-
TOTAL PRÉ-FIXADO	28	4
DÉFICE DA EXIGÊNCIA	72	18

A partir dos dados obtidos no quadro, devemos calcular a % da mistura entre o fubá de milho (FM) e o farelo de soja (FS) de modo a obter 18 kg de PB em 72 partes de mistura e levar o resultado para o centro do quadrado. Vamos aos cálculos:

$$\begin{array}{r} 72 \text{ ----- } 18 \\ 100 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 100 \times 18/72$$

X = 25% de PB que colocaremos no centro do quadrado



A soma das partes é igual à 36 partes totais (20 + 16). Calculando para as 72 partes que é o déficit da exigência, teremos:

$$\begin{array}{r} 36 \text{ ----- } 20 \text{ partes de FM} \\ 72 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 72 \times 20/36$$

X = 40 kg de FM na mistura

Para o FS teremos: 72 – 40 kg de FM = 32 kg de FS na mistura

Verificando a proteína dos alimentos:

$$\text{PB dos ingredientes: } [(9 \times 40) + (16 \times 25) + (45 \times 32)]$$

$$\text{PB dos ingredientes: } [(360) + (400) + (1440)]/100$$

$$\text{PB dos ingredientes: } 2200/100 = 22\% \text{ (proteína desejada)}$$

A mistura final ficará assim:

Alimentos	Kg na mistura	PB (kg ou %)	Cálculo da PB
Farelo de trigo	25	4	16 x 25/100
Fubá de milho	40	3,6	9 x 40/100
Farelo de soja	32	14,4	45 x 32/100
Sal comum	1	-	
Farinha de ossos	1	-	
Calcário	1	-	
TOTAL	100	22	

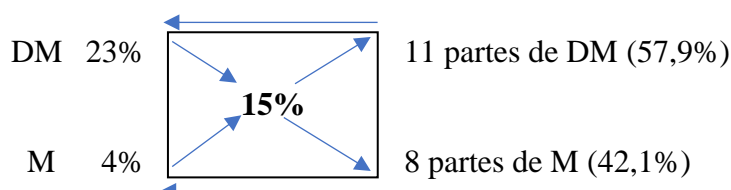
5. Deseja-se balancear uma mistura para novilhos de corte que pesam 350 kg e que possuem um GPD de 1,5 kg. Os animais pastejam sob pasto do gênero *Brachiaria spp.* com média de 11,5% PB, e recebem suplementação à vontade, essa mistura é apenas para suplementar os aportes nutricionais da forragem. A mistura deverá conter 15% de PB e 2,5 Mcal/kg de EM. Os alimentos disponíveis e a composição são:

Composição bromatológica dos ingredientes

Alimentos	PB (%)	EM (Mcal/kg)	FB (%)	Ca (%)	P (%)
Sêmola de arroz (SA)	14	2,7	7,7	0,1	1,4
Destilados de milho (DM)	23	2,8	8	0,07	0,78
Melaço	4	2,5	0	1	0,1
Cama de frango	17	1,8	18	3,1	1,5
Exigências	15	2,5			

A primeira coisa a se determinar são as misturas entre ingredientes, ou seja, uma mistura A e outra B, sempre com o percentual de PB desejada, em seguida realizar uma mistura C com a razão entre as misturas anteriores. Nesse caso, a mistura A será composta pelos destilados de milho (DM) e o melaço (M), a mistura B composta pela sêmola de arroz (SA) e a cama de frango (CF). Dessa forma, obtemos os cálculos:

A – mistura A:



A soma das partes (11 + 8) é igual à 19 partes totais. Calculando a quantidade de cada ingrediente, obtemos:

$$X_{dm} = 11 \times 100/19 = 57,9\%$$

$$X_m = 8 \times 100/19 = 42,1\%$$

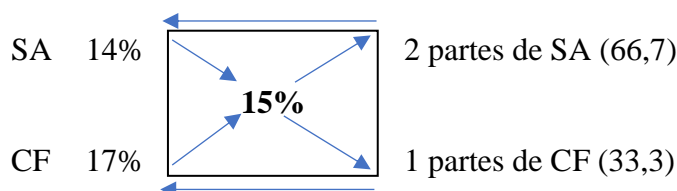
Temos 57,9% de DM e 42,1% de M que é igual à 100% de mistura. Calculando a EM dos ingredientes, vamos obter:

$$EM_{dm} = 2,8 \times 57,9/100 = 1,62 \text{ Mcal/kg}$$

$$EM_m = 2,5 \times 42,1/100 = 1,05 \text{ Mcal/kg}$$

A soma das EM dos ingredientes é aproximadamente 2,7 Mcal/kg. Balanceada a mistura A, obtemos uma ração de DM e M com 15% PB e 2,7 Mcal/kg de EM. Vamos calcular a mistura B através do esquema acima:

B – mistura B:



A soma das partes (2 + 1) é 3. Calcula-se agora a quantidade de cada ingrediente na mistura.

$$X_{sa} = 2 \times 100/3 = 66,7\%$$

$$X_{cf} = 1 \times 100/3 = 33,3\%$$

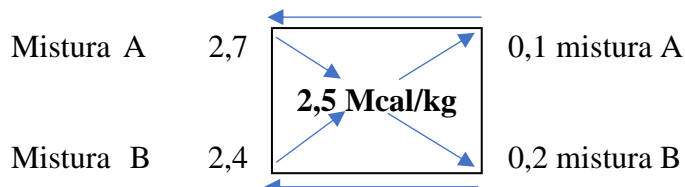
Logo, temos 66,7% de SA e 33,3% de CF que é igual à 100% de mistura. Partimos para o cálculo da EM:

$$EM_{sa} = 2,7 \times 66,7/100 = 1,8 \text{ Mcal/kg}$$

$$EM_{cf} = 1,8 \times 33,3/100 = 0,6 \text{ Mcal/kg}$$

A soma das EM dos ingredientes é 2,4 Mcal/kg. Logo, a mistura A possui 15% PB e 2,7 Mcal/kg de EM e a mistura B possui 15% PB e 2,4 Mcal/kg de EM. Agora, deve-se misturar A e B de modo a obter uma mistura C com 15% PB e 2,5 Mcal/kg de EM como requer o exercício. Para tanto, devemos balancear somente a energia, colocando o desejado no centro do quadrado como segue:

Mistura C:



A soma das partes é 0,3. Calculamos agora a % da mistura A e da mistura B na mistura final, onde teremos:

$$X_{ma} = 0,1 \times 100/0,3 = 33,3\% \text{ de mistura A}$$

$$X_{mb} = 0,2 \times 100/0,3 = 66,7\% \text{ de mistura B}$$

Por fim, é necessário comprovar os valores finais da mistura, para atestar a sua viabilidade quanto ao atendimento das especificações de PB e EM. Os cálculos devem seguir a mesma ordem original da quantidade de ingredientes. Passando para um quadro vamos obter:

Matéria	Cálculo da mistura	Quantidade (%)	PB (%)	EM (Mcal/kg)
Destilados	0,33 x 57,9	19,1	0,191 x 23 = 4,4	0,191 x 2,8 = 0,54
Melaço	0,33 x 42,1	13,9	0,139 x 4 = 0,56	0,139 x 2,5 = 0,35
Sêmola de arroz	0,67 x 66,7	44,7	0,447 x 14 = 6,26	0,447 x 2,7 = 1,21
Cama de frango	0,67 x 33,3	22,3	0,223 x 17 = 3,8	0,223 x 1,8 = 0,4
TOTAL		100	15	2,5

Logo, para se obter uma ração com 15% PB e 2,5 Mcal/kg de EM é necessário misturar 19,1% de destilados de milho, 13,9% de melaço, 44,7% de sêmola de arroz e 22,3% de cama de frango, de forma que supre totalmente as exigências de ganho de peso diário de 1,5 kg em novilhos semiconfinados com peso médio de 350 kg.

6. Deseja-se uma mistura equilibrada para novilhos de 226,8 kg com um GPD de 2 kg. Espera-se que o animal alcance 544,3 kg. Seguem-se os requerimentos e a composição dos alimentos:

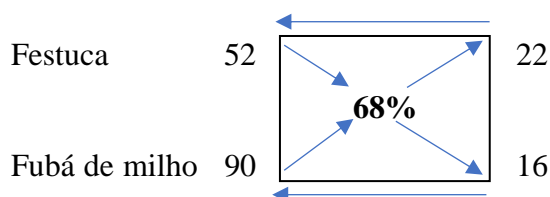
Requerimentos do animal com 226,8 kg para alcance de 554,3 kg com GPD de 2 kg/animal

MS kg	PB		NDT		Ca		P	
	g	%	g	%	g	%	g	%
5,72	739	12,9	3,9	68	30,4	0,53	15	0,26

Composição bromatológica dos alimentos, base na MS

Alimentos	MS %	PB %	NDT %	Ca %	P %
Feno de festuca	90	10	52	0,3	0,26
Fubá de milho	90	9,8	90	0,03	0,32
Farelo de soja	89	49,9	84	0,4	0,71

O animal exige 68% de NDT em sua alimentação, logo vamos balancear a energia:



A soma das partes (22 + 16) é igual ao total de partes que é 38. Determinando a porcentagem preliminar de festuca e fubá de milho, teremos:

$$\text{Festuca: } 22/38 = 0,58 \text{ (58\%)}$$

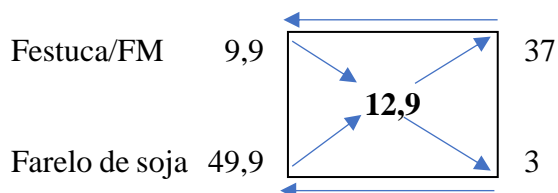
$$\text{Fubá de m: } 16/38 = 0,42 \text{ (42\%)}$$

Vamos determinar o valor proteico desses ingredientes, para isso, multiplicamos o valor encontrado nas proporções com a PB do ingrediente:

$$\text{Festuca: } 0,58 \times 10 = 5,8\% \text{ de PB}$$

$$\text{Fubá de m: } 0,42 \times 9,8 = 4,1\% \text{ de PB}$$

A soma das PB dos ingredientes é 9,9% de PB. O animal exige 12,9% de PB na ração, logo há uma deficiência de 3% (12,9 – 9,9). Sendo assim, faz-se necessária a suplementação proteica. Para isso, vamos balancear o teor proteico encontrado na mistura entre festuca e o FM com o farelo de soja, de modo a obter a PB desejada 12,9%. Vamos aos cálculos:



A soma das partes é 40. Para achar a % de cada ingrediente, temos:

$$\text{Festuca+FM: } 37/40 = 0,925 \text{ (92,5\%)}$$

$$\text{FS: } 3/40 = 0,075 \text{ (7,5\%)}$$

Verificando o teor proteico da mistura festuca/FM e do FS teremos:

$$\text{Festuca/FM: } 9,9 \times 92,5/100 = 9,15\% \text{ PB}$$

$$\text{FS: } 49,9 \times 7,5/100 = 3,75\% \text{ PB}$$

Agora vamos determinar a MS dos ingredientes, multiplicando a IMS do animal (5,72 kg/dia) pela % dos ingredientes:

$$\text{Festuca+FM: } 5,72 \times 0,925 = 5,29 \text{ kg de MS}$$

$$\text{FS: } 5,72 \times 0,075 = 0,430 \text{ kg de MS}$$

Agora vamos determinar a MS da mistura festuca e fubá de milho multiplicando a MS total pela porcentagem de cada ingrediente determinada no primeiro quadro:

$$\text{Festuca: } 5,29 \times 0,58 = 3,1 \text{ kg MS}$$

$$\text{FM: } 5,29 \times 0,42 = 2,2 \text{ kg MS}$$

Para determinar o oferecimento dos alimentos na matéria natural, dividimos o kg de MS dos alimentos pelo percentual de MS de cada alimento contido no quadro 2 do exercício, dessa forma teremos:

$$\text{Festuca natural: } 3,1/0,9 = 3,4 \text{ kg de matéria natural}$$

$$\text{Fubá de milho natural: } 2,2/0,9 = 2,4 \text{ kg de matéria natural}$$

$$\text{Farelo de soja natural: } 0,43/0,89 = 0,480 \text{ kg de matéria natural}$$

Dessa forma, a ração do novilho será composta por 3,4 kg de festuca, 2,4 kg de fubá de milho e 0,480 kg de farelo de soja baseado na matéria natural, mas como os concentrados provém, muitas vezes de fábricas, serão 3,4 kg de festuca, 2,2 kg de FM e 0,43 kg de FS.

Agora, vamos determinar o conteúdo de Ca e P comparando com os requerimentos dos novilhos para decidir se é necessária a adição de um suplemento mineral. O cálculo é feito pela multiplicação do kg de MS de cada ingrediente pelo respectivo conteúdo de Ca e P, dessa forma, seguem-se os cálculos:

$$\text{Festuca: } 3,1 \times 0,003 = 9,1 \text{ g}$$

$$\text{FM: } 2,2 \times 0,0003 = 0,9 \text{ g}$$

$$\text{FS: } 0,43 \times 0,004 = 1,8 \text{ g}$$

O total de Ca dos ingredientes é 11,7 g/kg de ração. Calculando o P obtemos:

$$\text{Festuca: } 3,1 \times 0,0026 = 8,2 \text{ g}$$

$$\text{FM: } 2,2 \times 0,0032 = 7,2 \text{ g}$$

$$\text{FS: } 0,43 \times 0,0071 = 3,2 \text{ g}$$

O total de P dos ingredientes é 18,6 g/kg de ração. Calcularemos a necessidade de Ca menos a ingestão que dará excesso ou deficiência, o mesmo se aplica ao P:

$$\text{Necessidade de Ca: } 30 \text{ g} - 11,7 \text{ g ingestão} = 18,3 \text{ g de deficiência}$$

$$\text{Necessidade de P: } 15 \text{ g} - 18,6 \text{ g ingestão} = 3,6 \text{ g de excesso}$$

Por fim, as necessidades de P são atendidas, mas existe uma grande deficiência de Ca que poderá ser suprida com a adição de carbonato de cálcio, farinha de ossos ou outro ingrediente de forma livre ou misturado na ração. Sabendo que no carbonato de cálcio há 38% de Ca em 1 kg, para suprir a necessidade de Ca na ração é adicionado cerca de 50 gramas do suplemento na ração total, satisfazendo completamente todas as exigências do animal.

5.2.3 Método do processo algébrico

Nesse método, as proporções dos ingredientes para a obtenção de uma mistura com uma determinada porcentagem de um nutriente (PB), podem ser obtidas mediante o estabelecimento Métodos de Formulação e Balanceamento de Ração para Bovinos – E. I. C. da SILVA

de equações algébricas e a resolução desse sistema. Nesse sistema, os alimentos são representados por variáveis (x, y etc.), cuja solução determina a ração balanceada. Esse sistema é uma ferramenta simples de calcular uma mistura de alimentos.

Existem diferentes métodos para solucionar sistema de equações. Um deles, mais básico e de fácil compreensão, baseia-se na obtenção de termos das equações de uma mesma incógnita com o mesmo coeficiente. Por exemplo, se tivermos uma equação (1) dada por $x + y = 100$ e uma equação (2) dada por $0,09x + 0,45y = 20$, teremos que construir uma terceira equação procurando-se obter uma incógnita (y) com o mesmo coeficiente (0,09) para eliminar uma das incógnitas, achar a outra variável e, substituindo na equação, determinar a outra. Nesse exemplo citado, basta multiplicar todos os termos da primeira equação por 0,09, obtendo uma equação (3) dada por $0,09x + 0,09y = 9$ ou 09.

Para aclarar melhor, vamos apresentar exemplos de diferentes problemas, bem como de alguns problemas anteriores que foram solucionados pelos métodos das tentativas e pelo quadrado de Pearson.

1. Deseja-se uma mistura com 15% PB utilizando grãos de milho com 8,8% de PB e a torta de soja com 45% PB. Expressando os valores por kg de dieta, vamos obter o sistema:

$$X + Y = 1,00 \quad (1)$$

$$0,088x + 0,45y = 0,15 \quad (2)$$

Onde: X = grãos de milho (GM) na mistura e Y = torta de soja (TS) na mistura.

A primeira coluna representa o GM e a segunda a TS. A primeira equação (1) representa a mistura final igualada a unidade, que multiplicada por 100 expressará os 100% da mistura desejada. A equação (2) nos indica os níveis de PB dos ingredientes, que devem ser igualados ao teor de proteína desejado, nesse caso, 0,15 (15%).

Para resolver esse sistema, a equação (1) será multiplicada por -0,088 para que se possa eliminar uma das incógnitas:

$$-0,088x - 0,088y = -0,088$$

$$\underline{0,088x + 0,450y = 0,150}$$

$$0,450y - 0,088x = 0,062$$

$$Y = 0,1713$$

Substituindo na equação (1):

$$X + 0,1713 = 1,00$$

$$X = 0,8287$$

Multiplicando por 100 para ser expresso em porcentagem, teremos:

$$X = 0,8287 \times 100 = 82,87\% \text{ de GM}$$

$$Y = 0,1713 \times 100 = 17,13\% \text{ de TS, a soma das porcentagens dará 100\%}.$$

Verificando o teor proteico dos alimentos, teremos:

$$PB_{gm} = 8,8 \times 82,87/100 = 7,3$$

$$PB_{ts} = 45 \times 17,13/100 = 7,7$$

$$PB \text{ final} = 7,3 + 7,7 = 15\%$$

É possível observar a exatidão do método algébrico na formulação de rações balanceadas, obtendo-se 82,87% de milho e 17,13% de torta de soja dando um total de 100% de mistura, cumprindo com os 15% de PB exigido.

Se deseja-se ajustar 3 nutrientes e 1 mistura final, é necessário utilizar 4 alimentos e construir um sistema de 4 equações simultâneas.

2. Utilizando o sistema de equações, determinar as % em que milho (9% PB) e farinha de peixe (53% PB) deverão ser misturados, de forma a obter uma ração com 18% de PB. Temos que a cada 1% de PB é igual à 10 g de PB/kg.

X = milho e Y = farinha de peixe

Análogo ao exemplo 1, multiplicamos por -90 para eliminar uma incógnita e montamos a equação:

$$-90x - 90y = -90$$

$$90x + 530y = 180$$

$$530y - 90x = 90$$

$$Y = 90/440$$

$$Y = 0,205$$

Substituindo na equação (1):

$$X + 0,205 = 1,00$$

$$X = 1,00 - 0,205 = 0,795$$

Multiplicando por 100 para ser expresso em porcentagem, teremos:

$$X = 0,795 \times 100 = 79,5\% \text{ de M}$$

$$Y = 0,205 \times 100 = 20,5\% \text{ de FP, a soma das porcentagens dará 100\%}.$$

Verificando o teor proteico dos alimentos, teremos:

$$PB_m = 9 \times 79,5/100 = 7,15$$

$$PB_{fp} = 53 \times 20,5/100 = 10,86$$

$$PB \text{ final} = 7,15 + 10,86 = 18\%$$

Logo, para a ração possuir 18% de PB, a mistura deverá ser constituída por 79,5% de milho e 20,5% de farinha de peixe.

3. Calcular uma ração com 17,89% de PB e 2900 kcal/kg de EM, utilizando uma prefixação de farelo de trigo (10 kg), farinha de carne (5 kg), sal (0,8 kg) e vitaminas e minerais (0,2 kg). O restante da ração deve ser composto por fubá de milho (9% PB) e farelo de soja (45% PB). A composição inicial da ração é dada por:

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho	X		
Farelo de soja	Y		
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		
TOTAL	16	4,1	244,35
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900
DÉFICE	84	13,79	2655,65

Cálculo das quantidades de FM e FS pelo método algébrico:

Onde, x é a quantidade de fubá de milho e y a quantidade de farelo de soja

Estabelecemos duas equações com o déficit da quantidade da mistura (84 kg) e o déficit da respectiva PB (13,79). Temos:

$$X + Y = 84 \quad (1)$$

$$0,09x + 0,45y = 13,79 \quad (2)$$

Devemos multiplicar ambos os termos da equação (1) por -0,09, para eliminar uma variável, e multiplicando 84 por -0,09 teremos -7,56, na equação teremos:

$$-0,09x - 0,09y = -7,56$$

$$0,09x + 0,45y = 13,79$$

$$0 + 0,36y = 6,23$$

$$Y = 6,23/0,36$$

$$Y = 17,3 \text{ kg de farelo de soja}$$

Substituindo y na equação pelo valor encontrado, obteremos:

$$X + 17,31 = 84$$

$$X = 84 - 17,3$$

X = 66,7 kg de fubá de milho na ração

Calculando a PB do FM e FS teremos:

A – *fubá de milho*:

$$9 \text{ ----- } 100$$

$$X \text{ ----- } 66,7$$

$$X = 9 \times 66,7/100 = 6,0\% \text{ PB}$$

B – *farelo de soja*:

$$45 \text{ ----- } 100$$

$$X \text{ ----- } 17,3$$

$$X = 45 \times 17,3/100 = 7,79\% \text{ PB}$$

Agora, calculamos a EM aportada pelos ingredientes:

A – *fubá de milho*:

$$3416 \text{ ----- } 100$$

$$X \text{ ----- } 66,7$$

$$X = 3416 \times 66,7/100 = 2278,47 \text{ kcal/kg de FM}$$

B – *farelo de soja*:

$$2283 \text{ ----- } 100$$

$$X \text{ ----- } 17,3$$

$$X = 2283 \times 17,3/100 = 394,96 \text{ kcal/kg de FS}$$

A ração será composta por:

Alimentos	Quantidade (kg)	PB (kg)	EM (kcal/kg)
Farelo de trigo	10	1,6	152,6
Farinha de carne	5	2,5	91,75
Fubá de milho	66,7	6	2278,47
Farelo de soja	17,3	7,79	394,96
Sal	0,8		
Vitaminas e minerais	0,2		

TOTAL	100	17,89	2917,78
EXIGÊNCIAS	100	17,89	2900

A mistura atende às exigências do exercício em 17,89% de PB e 2900 kcal/kg de EM. O excesso de EM é utilizado normalmente pelo animal.

4. Análogo com outros exercícios explanados em outros métodos, deseja-se fazer uma mistura com 18% de PB utilizando o fubá de milho (9% PB) e o farelo de soja (45% PB).

Devemos estabelecer as equações para satisfazer as duas condições existentes:

1ª condição: a quantidade de FM mais a quantidade de FS é igual à 100 kg de mistura;

2ª condição: a PB existente na quantidade de FM juntamente com a PB existente na quantidade de FS deverá ser igual à 18%.

Assim estabelecemos o seguinte sistema:

$$X + Y = 100 \quad (1)$$

$$0,09x + 0,45y = 18 \quad (2)$$

Onde temos:

X = kg de FM

Y = kg de FS

0,09 = % de PB no FM

0,45 = % de PB no FS

100 = kg de mistura

18 = kg de PB na mistura

Devemos multiplicar a equação (1) por 0,09 para eliminar o x e encontrar o y. Para tanto, construímos uma equação (3):

$$0,09x + 0,09y = 9 \text{ ou } 09$$

Agora, subtraímos a 3ª equação da 2ª equação, com a finalidade de cancelar o valor de x. Logo, vamos obter:

$$0,09x + 0,45y = 18 \text{ (subtraindo membro a membro)}$$

$$\underline{0,09x + 0,09y = 09}$$

$$0 + 0,36y = 9$$

A partir dessa operação, restou apenas uma equação com uma incógnita (y), que é determinada por:

$$0,36y = 9$$

$$Y = 9/0,36 = 25 \text{ kg de FS}$$

Para obtermos o valor de x, basta aplicar o valor de y encontrado (25) na equação (1):

$$X + Y = 100$$

$$X + 25 = 100$$

$$X = 100 - 25$$

$$X = 75 \text{ kg de FM}$$

Por fim, para se obter uma mistura com 18% de PB através do fubá de milho e farelo de soja, a ração deverá ser composta por 75% de FM e 25% de FS.

5. Balancear uma equação com 22% de PB, utilizando farelo de trigo (16%), fubá de milho (9%) e farelo de soja (45%).

Usando o FT como ingrediente fixo, temos o seguinte quadro:

Componentes	Kg	PB (% ou kg)
Exigências do animal	100	22
Fornecido pelo FT	25	4
Défice da exigência	75	18

Os 4% de PB fornecido pelo FT é obtido pela razão $25 \times 16/100$. Agora, devemos determinar as proporções em que FM e FS devem ser misturados de forma a obter uma mistura que forneça 18 kg de PB em 75 kg de défice da mistura. As equações são as seguintes:

$$X + Y = 75 \quad (1)$$

$$0,09x + 0,45y = 18 \quad (2)$$

Para solucionar a equação, eliminaremos uma das incógnitas (x), multiplicando a equação (1) por 0,09 e, posteriormente, subtraindo uma equação da outra. Dessa forma, vamos obter:

$$0,09x + 0,09y = 6,75 \quad (75 \times 0,09)$$

$$\underline{0,09x + 0,45y = 18}$$

$$0 + 0,36y = 11,25$$

$$Y = 11,25/0,36$$

$$Y = 31,25\% \text{ de FS}$$

Achamos o valor de $y = 31,25\%$, agora, substituindo na equação (1), encontramos o valor de x :

$$X + 31,25 = 75$$

$$X = 75 - 31,25$$

$$X = 43,75\% \text{ de FM}$$

A mistura completa possuirá 25% de farelo de trigo, 43,75% de fubá de milho e 31,25% de farelo de soja, com um teor proteico de 18% que atende completamente as exigências do animal.

6. Agora, deseja-se balancear uma mistura com os mesmos ingredientes citados (FT, FM e FS), com o mesmo teor proteico de 22%, mas adicionando 1% de sal comum, 1% de farinha de ossos e 1% de calcário.

Utilizando o mesmo critério adotado no quadrado de Pearson, teremos em 100 kg de mistura, 25% de FT e 3% dos outros ingredientes, sobrando assim, 72 kg de déficit a ser calculado e composto por FM e FS e que forneça 18 kg de PB nessa quantidade. Passando esses dados para o sistema de equação, obtemos:

$$x + y = 72 \text{ (1)}$$

$$0,09x + 0,45y = 18 \text{ (2)}$$

Usando o mesmo esquema adotado em exemplos anteriores, vamos multiplicar a 1ª equação por 0,09, a fim de eliminar uma incógnita e, posteriormente subtrair as equações:

$$0,09x + 0,09y = 6,48 \text{ (72 x 0,09)}$$

$$\underline{0,09x + 0,45y = 18}$$

$$0 + 0,36y = 11,52$$

$$Y = 11,52/0,36$$

$$Y = 32\% \text{ de FS}$$

Agora, substituindo na primeira equação:

$$x + 32 = 72$$

$$x = 72 - 32$$

$$x = 40\% \text{ de FM}$$

A mistura final possuirá 22% de PB e será composta por 25% de FT, 32% de FS, 40% de FM, 1% de sal comum, 1% de farinha de ossos e 1% de calcário, o que totaliza uma mistura 100%.

No método algébrico, além de balancear um nutriente, podemos balancear tanto a PB quanto a energia (NDT). Através de equações simultâneas, que é usado para a determinação da proporção de dois alimentos, necessária para atender os requisitos em PB e energia. Vejamos um exemplo para aclarar melhor:

7. Nesse exemplo, calcularemos as quantidades de FM (9% PB e 80% NDT), e do farelo de algodão FA (30% PB e 63% NDT), necessárias para atender aos requisitos diários de uma vaca que demanda 1,1 kg de PB e 6,41 kg de NDT diariamente.

Será fornecido 25 kg de alimento volumoso (capim elefante) com uma composição de 1,6% PB e 12% NDT.

Calculando o déficit que deverá ser suprido pelos alimentos concentrados, temos:

Componentes	PB (kg)	NDT (kg)
Exigências da vaca	1,1	6,41
Fornecido pelo volumoso	0,4 (1,6 x 25/100)	3,0 (12 x 25/100)
DÉFICE	0,7	3,41

Temos que estabelecer duas equações para que se supra, simultaneamente, os défices de PB e NDT da dieta. Assim, construímos o sistema dado por:

$$1^{\text{a}} \text{ equação PB: } 0,09x + 0,30y = 0,7 \text{ (défice PB)}$$

$$2^{\text{a}} \text{ equação NDT: } 0,80x + 0,63y = 3,41 \text{ (défice NDT)}$$

Onde:

x = kg de FM

y = kg de FA

0,7 = déficit kg de PB

3,41 = déficit do NDT

0,09 = % de PB do FM

0,30 = % de PB do FA

0,80 = % de NDT do FM

0,63 = % de NDT do FA

Como apresentado em exemplos anteriores, uma terceira equação é desenvolvida e subtraída da equação 2, com o objetivo de cancelar a variável x. A equação 3 é determinada mediante a multiplicação de cada termo da equação 1 por um fator calculado pela divisão entre o NDT e a PB que se apresenta primeiro, nesse caso, entre os nutrientes do milho, desse modo deve-se calcular pelo fator 8,889 (80/9). Multiplicando os valores da equação 1 pelo fator 8,889, temos $0,09 \times 8,889 = 0,80$; $0,3 \times 8,889 = 2,67$ e $0,7 \times 8,889 = 6,22$. Dessa forma, obteremos:

$$2^{\text{a}} \text{ equação: } 0,80x + 0,63y = 3,41 \text{ (subtraindo membro a membro)}$$

$$3^{\text{a}} \text{ equação: } \underline{0,80x + 2,67y = 6,22}$$

$$0 - 2,04y = -2,81$$

$$y = -2,81/-2,04$$

$$y = 1,38 \text{ kg de FA na mistura}$$

Agora, substituindo y na equação 1, vamos obter o valor de x:

$$0,09x + 0,3 \times 1,38 = 0,7$$

$$0,09x + 0,414 = 0,7$$

$$0,09x = 0,7 - 0,414$$

$$0,09x = 0,286$$

$$x = 0,286/0,09$$

$$x = 3,18 \text{ kg de FM na mistura}$$

Levando os dados para uma tabela, temos:

Alimentos	Kg da ração	PB (kg)	Cálculo da PB	NDT (kg)	Cálculo da NDT
Capim-elefante	25	0,4	$1,6 \times 25/100$	3,0	$12 \times 25/100$
Fubá de milho	3,18	0,29	$9 \times 3,18/100$	2,54	$80 \times 3,18/100$
Farelo de algodão	1,38	0,41	$30 \times 1,38/100$	0,87	$63 \times 1,38/100$
TOTAL		1,1		6,41	

A ração satisfaz completamente os requisitos em energia e proteína para o animal.

5.2.4 Método da computação ou programação linear

A tarefa de escolha dos alimentos e a quantidade exata de cada um deles, de modo a atender as exigências nutricionais dos animais com o máximo desempenho e com o mínimo custo é árdua e exige grande capacidade cognitiva e destreza do formulador. Por sua vez, essa

tarefa é grandemente facilitada pela adoção do computador e de softwares de formulação e balanceamento.

A programação linear é adotada para a combinação de ingredientes em quantidades adequadas, ou seja, balanceadas, com a finalidade de atender a todos os requisitos nutricionais dos animais de acordo com a idade, estado produtivo etc., bem como com o mínimo custo possível.

Além disso, a adoção do método computacional permite o acompanhamento e variação quase diária dos preços dos insumos, uma vez que sua rapidez na solução das fórmulas permite ao nutricionista alterar frequentemente os métodos de alimentação e o uso de ingredientes. Os programas de formulação permitem também a vantagem de se poder trabalhar com muitos alimentos e uma variedade de fórmulas de rações não só para bovinos, mas para toda espécie de interesse zootécnico como caprinos, ovinos, aves, peixes, suínos, equinos etc. além disso, contribui com o comprador dos insumos na hora da aquisição dos materiais.

A Programação Linear (PL) é uma técnica de otimização destinada à alocação eficiente de recursos limitados em atividades conhecidas para maximizar benefícios ou minimizar custos, como é o caso da formulação de rações. A característica distintiva dos modelos de PL é que as funções que representam o objetivo e as restrições são lineares.

Um programa linear pode ser do tipo de maximização ou minimização. As restrições podem ser do tipo \leq , $=$ ou \geq e as variáveis podem ser negativas ou irrestritas em sinal.

Os modelos de PL, muitas vezes, representam problemas de "alocação" em que os recursos limitados são atribuídos a um número de atividades.

Um Programa Linear é um problema que pode ser expresso da seguinte forma:

$$\text{Min } Z = cx \quad (1)$$

Sujeito a:

$$Ax = b \quad (2)$$

$$X \geq 0 \quad (3)$$

Onde (1) é a função-alvo, (2) é chamado de equações de restrições e (3) condição de não-negatividade. Na função linear " $Z = cx$ ", " c " é o vetor de preços, " x " o vetor de variáveis a resolver. " A " é uma matriz de coeficientes conhecidos, e " b " vetor de coeficientes conhecidos.

A programação linear é utilizada na formulação de rações, onde se procura minimizar o custo da mistura de alimentos, conhecido como rações de baixo custo.

Na equação (1):

Z = representa o custo da ração a minimizar.

c = constitui o custo de cada ingrediente.

x = representam os ingredientes ou alimentos na ração a minimizar.

Na equação (2):

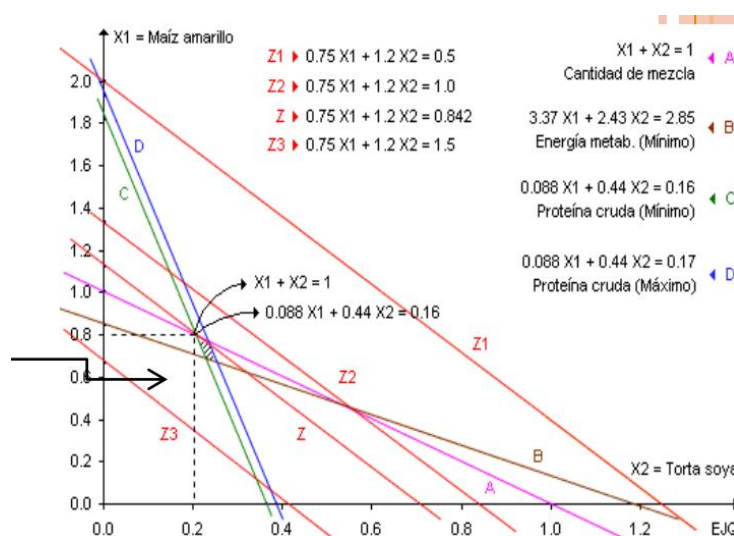
A = é a matriz que contém a composição nutricional dos alimentos.

b = é o vetor que representa os requisitos nutricionais dos animais.

Na equação (3):

A condição de não negatividade, indica que a quantidade a fornecer de cada alimento é igual ou superior a zero.

No polígono sombreado se mostra a área de soluções factíveis e qualquer combinação de alimentos X1 e X2 que esteja na área de possíveis soluções cumprirá as restrições estabelecidas. Portanto, o problema se limita a selecionar a combinação de X1 e X2 que seja de mínimo custo cumprindo além disso, com as restrições.



O método Solver Excel

O Solver é uma ferramenta útil para resolver sistemas de equações onde a solução de uma função-alvo é necessária, garantindo que sejam respeitadas as restrições necessárias para resolver o problema. Existem três elementos principais:

1. DEFINIR A FUNÇÃO-ALVO: Onde se indica o objetivo ou meta a se alcançar. Pode ser uma direção ou o nome de uma célula
2. ESPECIFICAÇÃO DAS CÉLULAS VARIÁVEIS: É onde se diz ao Solver onde as células irão sofrer alterações.
3. ESPECIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES: Aqui são determinadas as restrições que leva o problema. Depois de adicionar as respectivas restrições já pode ser dada uma ordem ao sistema para resolver o problema.

Para o caso de concentrados temos:

1. FUNÇÃO OBJETIVO: O mais comum é determinar a quantidade total do concentrado como função-alvo, ou também pode ser o custo total do concentrado. A função-alvo tem a opção de ser maximizada, minimizada ou ser de um valor exato, este último caso é

o que usaremos para concentrados, e o valor depende da quantidade do concentrado a formular ou do custo necessário.

2. **CÉLULAS VARIÁVEIS:** Para mostrar caso as células que variariam são as das quantidades de matérias-primas, estas variam em função das restrições e função-alvo.

3. **RESTRICÇÕES:** Se a função-alvo é a quantidade total de concentrado a formular, as restrições mais comuns são: custos de cada matéria-prima, restrições às matérias-primas, e restrições nutricionais de cada espécie.

Cálculo de ração pela PL

1. Balancear uma ração com fubá de milho e farelo de torta de soja.

Composição dos alimentos e custo/kg

Nutrientes	Milho (x1)	Farelo torta de soja (x2)
EM (Mcal/kg)	3,37	2,43
PB (kg/kg)	0,088	0,44
Custo/kg em R\$	0,75	1,20

Requerimentos e quantidade a formular

Limites	Quantidade (kg)	EM (Mcal/kg)	PB (kg/kg)
Mínimo	1	2,85	0,16
Máximo	1		0,17

O objetivo da formulação é determinar a quantidade de alimento X1 e X2 que deve ser misturado para cumprir os requisitos dos animais e minimizar o custo (Z) da ração, então se procede a construção da solução através da programação linear.

Estabelece-se a equação que representa a função-alvo:

$$\text{Min } Z = 0,75x_1 + 1,20x_2 \quad (4)$$

As equações de restrições às quais está sujeita a função-alvo são:

$$x_1 + x_2 = 100 \quad (5)$$

$$3,370x_1 + 2,43x_2 \geq 2,85 \quad (6)$$

$$0,088x_1 + 0,44x_2 \geq 0,16 \quad (7)$$

$$0,088x_1 + 0,44x_2 \leq 0,17 \quad (8)$$

$$x_1 + x_2 \geq 0$$

Uma forma de resolver problemas de programação linear é através do método gráfico. O método é eficiente para resolver problemas com duas restrições para n alimentos ou dois alimentos para n restrições. Obtendo-se assim modelos bidimensionais, quando se agrega outra variável obtém-se um modelo tridimensional mais complexo. Como o problema tem duas variáveis (X1 e X2), a solução é bidimensional.

Se considerarmos as desigualdades (6, 7 e 8) em igualdades, teremos:

$$3.370x_1 + 2.43x_2 = 2.85 \quad (9)$$

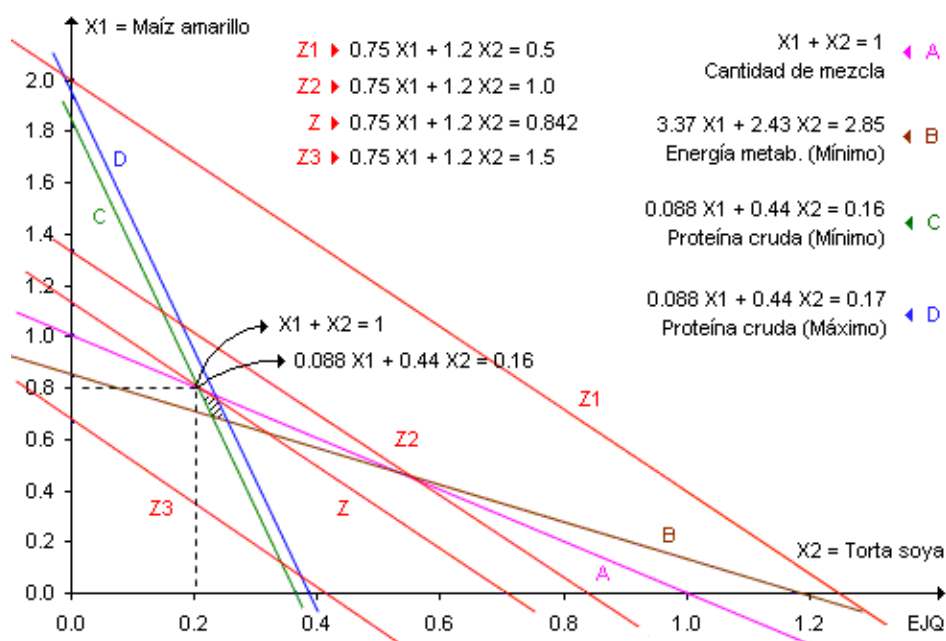
$$0.088x_1 + 0.44x_2 = 0.16 \quad (10)$$

$$0.088x_1 + 0.44x_2 = 0.17 \quad (11)$$

Obtém-se então o valor X1 e X2 em cada uma das expressões matemáticas. O valor de X1 e X2 nas equações de restrição é calculado dando um valor de zero a uma das equações quando se calcula a outra e vice-versa, como se mostra no quadro seguinte:

Reta A (5)		Reta B (9)		Reta C (10)		Reta D (11)	
X1	X2	X1	X2	X1	X2	X1	X2
1	0	0,85	0	1,82	0	1,93	0
0	1	0	1,17	0	0,36	0	0,39

Com esta informação é possível mapear em um eixo de coordenadas o valor de X1 e X2 de cada uma das expressões matemáticas, as retas que se formam são mostradas no gráfico seguinte:



No polígono sombreado mostra-se a área de soluções factíveis e qualquer combinação dos alimentos X1 e X2 que esteja na área de soluções possíveis cumprirá com as restrições estabelecidas. Portanto, o problema se limita a selecionar a combinação de X1 e X2 que seja de mínimo custo cumprindo além disso, com as restrições.

Quando são atribuídos valores arbitrários à função-alvo (Z) apresentam-se soluções como as apresentadas no gráfico (Z=0.5, Z=0.842, Z=1.0, Z=1.5). Estas retas indicam que a função de custo de deslocamento em forma paralela, podendo-se afirmar que se está se deslocando para baixo, o valor de Z diminui, enquanto um deslocamento para cima elevará o valor de Z.

Se traçarmos retas paralelas de funções objetivas na área de soluções factíveis, as possíveis soluções se reduzem a dois e correspondem aos cruzamentos da reta A (equação 5) com a C (eq. 10) e da reta A com a D (eq. 11). A seleção baseia-se no fato de serem os únicos vértices que cumprem a restrição em que a soma dos alimentos é igual à um ($X1 + X2 = 1$).

Como o que se busca é encontrar a solução que minimize a função objetivo, a solução ideal é aquela indicada no gráfico. Este ponto corresponde a cerca de 0,8 unidades de X1 (milho amarelo) e 0,2 unidades de X2 (farelo de torta de soja). É possível calcular os valores destas variáveis resolvendo o sistema de equações formado pelo vértice de solução, que são:

$$\begin{aligned} X1 + X2 &= 1.00 \\ 0.088X1 + 0.44X2 &= 0.16 \end{aligned}$$

Resolvendo esse sistema temos:

$$\begin{aligned} X1 &= 0,795 \\ X2 &= 0,205 \end{aligned}$$

Estes valores obtidos são quase os mesmos ao conseguido com o gráfico. Da mesma forma, os resultados das variáveis, estão expressas em função de 1 kg, portanto para uma melhor expressão deve-se levar a % dos ingredientes na mistura, sendo o fubá de milho = 79.5% e o farelo de torta de soja = 20.5%.

A equação de custos é a seguinte:

$$\begin{aligned} Z &= 0.75X1 + 1.20X2 \\ Z &= 0.75(0.795) + 1.20(0.205) \\ Z &= R\$ 0,842 \end{aligned}$$

A ração equilibrada tem um custo mínimo de R\$ 0,842.

Verificando se a solução satisfaz as igualdades e desigualdades estabelecidas, tem-se:

$$\begin{aligned} X1 + X2 &= 1,00 \quad (5) \\ 0.795 + 0,205 &= 1.00 \end{aligned}$$

$$1.00 = 1.00$$

$$3.37X_1 + 2.43X_2 \geq 2.85 \quad (6)$$

$$3.37(0.795) + 2.43(0.205) = 3.18$$

$$3.18 > 2.85$$

$$0.088X_1 + 0.44X_2 \geq 0.16 \quad (7)$$

$$0.088(0.795) + 0.44(0.205) = 0.16$$

$$0.16 = 0.16$$

$$0.088X_1 + 0.44X_2 \leq 0.17 \quad (8)$$

$$0.088(0.795) + 0.44(0.205) = 0.16$$

$$0.16 < 0.17$$

Os modelos matemáticos formulados com a programação linear podem ser resolvidos em forma gráfica e matemática. Para a solução matemática, o Solver é o método empregado geralmente.

O método gráfico é limitado frente ao Solver, sua utilização é com fins explicativos como no exemplo anterior, onde se ilustra o modelo de programação linear na resolução de problemas de minimização.

Obviamente, quando queremos formular uma ração na produção animal, utilizaremos maiores números de ingredientes e nutrientes, cada um com suas respectivas restrições, este problema é limitado para o método gráfico, mas não para o Solver. As operações matemáticas do método Solver são suficientemente complexas para que quase todo o modelo se efetue mediante o software.

Precisamente, o método mais utilizado na formulação de rações de mínimo custo é o método Solver, o mesmo que é implementado em um software, onde é possível especificar valores mínimos, máximos, ganhos, relações ou quantidades exatas para cada ingrediente ou nutriente etc.

5.3 Atividade de fixação

1) Utilizando grãos de cevada (12% PB), farelo de soja (48% PB) e glúten de milho (26%), formule uma dieta que contenha 18% de PB e diga a quantidade de energia metabolizável que a ração conterà expressa em Mcal/kg.

2) Calcule os requerimentos e formule uma dieta (eleição livre de alimentos) para terminação de novilhos de corte de 350 kg com GPD de 1 kg.

3) Utilizando farelo de grãos de sorgo, farelo de soja e pasto de capim-pangola, balanceie uma ração para:

a) Para acabamento de novilhos de corte com 350 kg de PV

b) Para uma novilha gestante com 7 meses de prenhez e 450 kg de PV com 2 anos de idade

c) Para uma vaca de 500 kg de PV com produção leiteira de 12 litros/dia.

4) Calcule uma mistura para 20 touros de 750 kg que consomem 3% de seu PV em forragem e necessitam de 18% de PB na ração. Leve em consideração a relação volumoso:concentrado de 70:30. Os alimentos disponíveis são: silagem de milho, fubá de milho, farelo de arroz, farelo de soja e farelo de amendoim.

5) Formule uma ração para vacas leiteiras com peso vivo médio de 480kg, produzindo média de 25kg de leite com 4% de gordura, estando na terceira lactação e mantendo o peso.

Dados: ingestão de MS = 16,48kg (3,43% do PV); proteína bruta = 2,715kg (16,47%); energia líquida lactação = 26,6Mcal/dia (1,614Mcal/kg); NDT = 11,67kg (70,81%); Ca = 99,7g (0,605%) e P = 63,2g (0,383%). Espaço de reserva (ER) de 3% (16480g x 0,03 = 494g).

Os alimentos disponíveis são:

Tabela 1. Composição bromatológica e energética dos alimentos disponíveis para os cálculos.

ALIMENTO	MS (%)	PB (%)	EL (Mcal/kg)	NDT (%)	FDA (%)	FDN (%)	Ca (%)	P (%)
Silagem de milho	29,0	8,1	1,40	62,0	30,0	44,5	0,34	0,19
Braquiária (32 dias)	27,9	9,0	1,16	54,5	39,6	69,0	0,22	0,16
Milho grão	88,0	10,0	1,96	85,0	3,0	9,5	0,02	0,29
Polpa cítrica	91,0	6,7	1,77	77,0	22,0	24,2	1,84	0,12
Farelo de soja	89,0	45,0	1,90	82,0	10,0	14,9	0,30	0,68
Soja grão	92,0	42,3	2,11	91,0	10,0	19,5	0,27	0,65
Fosfato bicálcico	98,0	-	-	-	-	-	23,3	18,0
Calcário	100,0	-	-	-	-	-	38,5	-
Minerais	100,0	-	-	-	-	-	-	-
Vitaminas	100,0	-	-	-	-	-	-	-

CONCLUSÕES

A alimentação dos animais, dentro de um sistema de produção, representa em torno de 70% de todo o custo, sendo assim, deve-se dar atenção especial quanto aos alimentos utilizados e sobre os métodos de alimentação de cada espécie animal.

Os bovinos de corte e leiteiros possuem requerimentos nutricionais específicos por categoria, estado fisiológico etc., portanto, o preparo de dietas para esses animais deve obedecer a esses requerimentos, para que não haja excesso nem deficiências que possam comprometer o desempenho do animal e o orçamento da propriedade. O excesso de nutrientes em uma dieta pode ocasionar possíveis distúrbios metabólicos no organismo do animal, como acidose e outras enfermidades, porém esse excesso está intimamente ligado com o fator econômico do que com o fator sanidade animal, já que qualquer excesso de um dado nutriente é metabolizado e excretado pelo animal. Por exemplo, há quatro formas de energia, uma é a bruta que é a contida no alimento *in natura*, boa parte desta é excretada através das fezes, a parte que sobra denomina-se energia digestível que é metabolizada e excretada pela urina e gases e é transformada em metabolizável que através do incremento calórico é utilizada para e perdida através da digestão, da fermentação e do metabolismo, a parte metabolizável restante se transforma em energia líquida que é a que o animal utiliza para a produção leiteira, para ganho de peso ou mesmo para manutenção. Logo, mesmo que haja excesso energético na dieta ela será metabolizada e excretada pelo animal, possuindo perdas econômicas que nutricionais.

A formulação de rações é uma parte imprescindível da produção animal, uma vez que uma boa dieta que forneça os nutrientes necessário pode ser a chave do sucesso financeiro e do ótimo desempenho dos animais para a produção de leite ou para o ganho de peso. O principal alimento para os bovinos são os pastos e forragens que é a forma alimentar mais barata que o criador pode ter em sua propriedade, no entanto, para que o animal produza mais é necessária a adição de fontes energéticas como o milho, trigo, arroz, aveia, cevada etc., e fontes proteicas como o girassol, soja, amendoim etc., em razões equilibradas para fornecerem os nutrientes que os animais exigem.

As técnicas de formulação se dividem em fáceis e as que exigem certa experiência do formulador; os modelos matemáticos empregados servem de suporte para a rápida e exata formulação de uma ração equilibrada em teores proteicos, energéticos, vitamínicos e minerais. O formulador possui uma base para a formulação da dieta que são as tabelas de exigências nutricionais dos animais, com elas o nutricionista poderá ir construindo um modelo dos principais alimentos que podem atender aos requisitos dos animais, em seguida, utiliza as

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
emanuel.isaque@ufrpe.br
(82)98143-8399

inúmeras tabelas disponíveis que fornecem a composição bromatológica dos alimentos em questão proteica, energética, vitamínica e mineral. Esses dados são passados para o problema, utilizados nos métodos de balanceamento e, mediante os cálculos, fornecem as concentrações de cada alimento e se essas concentrações fornecem os nutrientes necessários para o animal base da formulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* **Nutrição Animal–Alimentação Animal Aplicada**. São Paulo: Nobel, 3ª edição, v. 2, 1988.
- ARAÚJO, L. F.; ZANETTI, M. A. (Eds.). **Nutrição Animal**. 1ª ed. Barueri: Manole, 2019.
- BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIREZ, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, Simone Gisele de. **Nutrição de ruminantes**. FUNEP,, 2006.
- CAMPOS, J. **Tabelas para o cálculo de rações**. Universidade Federal de Viçosa, 1972.
- CHEEKE, Peter R. **Applied animal nutrition: feeds and feeding**. Pearson Prentice Hall;, 2005.
- GOES, Rafael Henrique de Tonissi *et al.* **Alimentos e alimentação animal**. UFGD: Coleção Cadernos Acadêmicos, 2013.
- GONÇALVES, J. N. **Manual do produtor de leite**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2012.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, Iran; FERREIRA, Pedro Dias Sales. **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.
- GONÇALVES, Lúcio Carlos *et al.* **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.
- HYND, Philip. **Animal Nutrition: From Theory to Practice**. CSIRO PUBLISHING, 2019.
- ISLABAO, Narciso; RUTZ, F. **Manual de cálculo de rações**. Pelotense, sd, 1978.
- KRUG, E. E.; FAVRETTO, D.; CAMARGO, S. R. **Alimentação do gado leiteiro**. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite Ltda, 1985.
- LANA, R. de P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL *et al.* **Nutrient requirements of dairy cattle: 2001**. National Academies Press, 2001.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE *et al.* **Nutrient requirements of beef cattle**. 2016.
- NEIVA, Rogério Santoro. **Produção de bovinos leiteiros**. Lavras: UFLA, 1998.
- NEVES, André Luis Alves *et al.* **Tabelas nordestinas de composição de alimentos para bovinos leiteiros**. Brasília, DF: Embrapa, 2014., 2014.
- PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA V. P. **Curso de alimentação de bovinos**. Piracicaba, SP. FEALQ, 1992.
- POND, Wilson G. *et al.* **Basic animal nutrition and feeding**. John Wiley & Sons, 2004.
- SALMAN, A. K.; OSMARI, E. K.; DOS SANTOS, M. G. R. **Manual prático para formulação de ração para vacas leiteiras**. Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E), 2011.
- SILVESTRE, J. R. A.; VILELA, H. **Métodos de balanceamento de rações**. EMATER-MG, 1984.

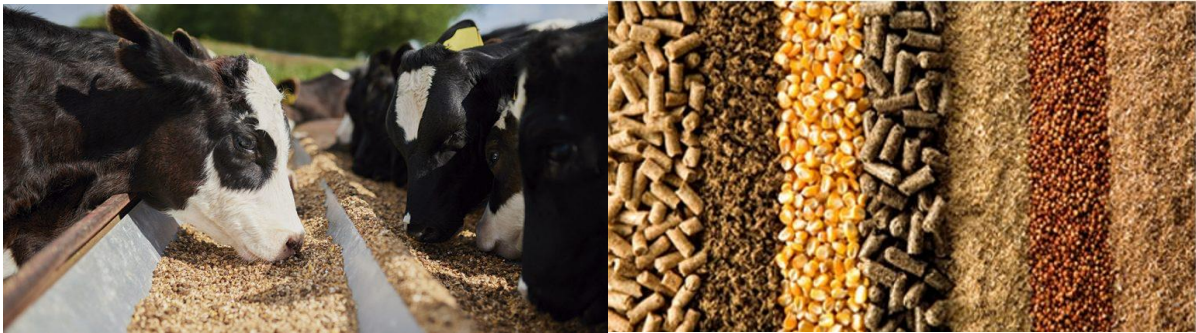
Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
emanuel.isaque@ufrpe.br
(82)98143-8399

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. Vol. I, v. 5, 1997.

TEIXEIRA, J. C.; TEIXEIRA, LFAC. **Alimentação de bovinos leiteiros**. FAEPE, Lavras, 1997.

VALADARES FILHO, S. de C. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. UFV, 2006.

VALADARES FILHO, S. de C. *et al.* Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais para bovinos no Brasil. **SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE**, v. 2, p. 291-358, 2001.



Métodos de Formulação e Balanceamento de Ração para Bovinos

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
Técnico em Agropecuária
Acadêmico em Zootecnia
emanuel.isaque@ufrpe.br
(82) 98143-8399

