

MÉTODO PARA REALIZAÇÃO DE MISTURAS APLICADO AO BALANCEAMENTO DE RAÇÕES¹

HILDO MATTA²

Sumário

O autor descreve um novo método para o balanceamento de ração, baseado nas coordenadas cartesianas. Fundamenta-se o método em alguns princípios facilmente compreensíveis, que permitem, de acordo com os requisitos exigidos para a ração, balancear os alimentos disponíveis por meio de gráficos. O gráfico é de fácil racionalização e de muita plasticidade. Permite executar todas as variações possíveis nas proporções dos ingredientes, possibilitando inclusive a determinação da ração de preço mínimo.

INTRODUÇÃO

A ração ideal é aquela que atende, no seu balanceamento, tanto os requisitos de natureza biológica como os de natureza econômica.

Os primeiros referem-se, principalmente, aos limites máximos ou mínimos dos constituintes dos alimentos exigidos pelo organismo animal, como proteínas, gorduras, fibras e os segundos, ao preço de custo da ração.

Naturalmente, a inteira conciliação desses dois pontos dificilmente acontecerá.

Dentre os vários métodos propostos para a determinação das proporções de cada alimento na confecção da ração balanceada, juntou-se ultimamente, o da programação linear. Entretanto, a aplicação desse importante processo, exige certos requisitos que poderão levar, mesmo um operador habilitado, a gastar cerca de um mês em seus cálculos, se não se valer de computadores eletrônicos.

O presente trabalho tem por finalidade apresentar outro método, que a princípio teve por objetivo facilitar o balanceamento da ração para bovinos.

Essa finalidade foi alcançada, assim como a possibilidade do balanceamento de rações para espécies mais exigentes, sendo os cálculos simples, pouco trabalhosos e facilmente compreensíveis.

O método permite ainda, tendo-se em vista os alimentos disponíveis e os requisitos exigidos para o balanceamento da ração, verificar a possibilidade da sua execução, bem como conhecer-se o seu

custo mínimo, antes da determinação das quantidades dos ingredientes que comporão a ração.

O balanceamento tanto poderá ser baseado no método de Nutrientes Digestíveis Totais, como no Valor Amido ou no Valor Energético dos Alimentos.

Provavelmente deverá ser, o novo método, de muita valia para a determinação de rações balanceadas destinadas à experimentação, por permitir dar grande uniformidade às mesmas, diminuindo o erro experimental.

TEORIA DO MÉTODO

BALANCEAMENTO DA RAÇÃO COM DUAS IMPOSIÇÕES

O método baseia-se na aplicação das coordenadas cartesianas, sendo que em cada eixo, são representados sob escala, os teores em princípios nutritivos dos elementos.

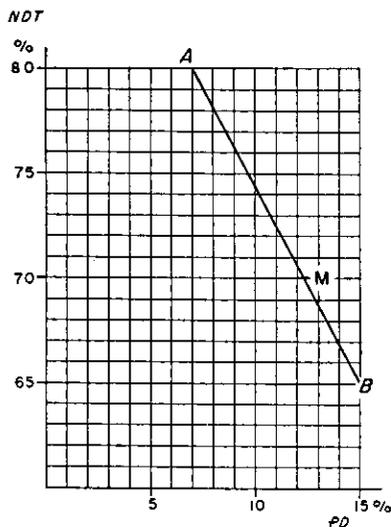


FIG. 1. Mistura M baseada em dois componentes (A e B) e duas imposições (NDT e PD).

¹ Boletim Técnico n.º 20 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

² Eng.º Agrônomo do IPEACS, Km 47, Campo Grande, Rio de Janeiro.

Como primeiro exemplo, utilizaremos os eixos das abcissas e ordenadas para indicar respectivamente os teores em proteína digestível (PD), e em Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), dos alimentos.

Assim na Fig. 1, o ponto A representa um alimento com 80% de NDT e o ponto B, outro alimento com 15% de PD e 65% de NDT.

O princípio básico do método é o seguinte: tôdas as misturas possíveis entre dois alimentos são representadas no gráfico pelos pontos que constituem a reta que os ligam. Cada ponto dessa reta indica portanto uma mistura dos dois alimentos, cujos teores em PD e NDT são dados pelas suas projeções sobre as coordenadas.

O ponto M, na Fig. 1, corresponde a uma mistura com os teores de 12,3% de PD e 70% de NDT.

Para se determinar as quantidades dos alimentos A e B que formarão uma mistura M que desejamos com 12,3% de PD e 70% de NDT, procede-se do seguinte modo:

A reta que liga os pontos referentes aos dois alimentos, representará a quantidade Q da mistura M, que se deseja. Assim sendo, se desejarmos obter 100 kg da mistura, o comprimento da reta AB representará 100 kg; se desejarmos obter 300 kg, a linha AB equivalerá a 300 kg, e assim por diante.

Figurando no gráfico o ponto M, êste dividirá a a reta em dois segmentos proporcionais às quantidades de A e B necessárias à composição de M.

Êsses segmentos representados sob forma de fração da reta AB, serão chamados de Relação Indicativa do Alimento (Ri).

O Ri de um alimento é dado pelo segmento da reta em oposição ao ponto que representa êsse alimento.

No presente caso, as relações indicativas dos alimentos A e B são:

$$Ri_A = BM/AB$$

$$Ri_B = AM/AB$$

Para se obter as quantidades q de cada alimento que irão formar o total Q da mistura desejada M, multiplica-se o Ri de cada alimento por essa quantidade Q.

O nosso primeiro problema será calcular essas quantidades dos alimentos A e B para perfazer 100 kg da mistura M com 12,3% de PD e 70% de NDT. Dados:

Alimento	PD %	NDT %
A.....	7	80
B.....	15	65
M.....	12,3	70

Dados tirados da Fig. 1:

a) comprimento da reta AB = 8,4 cm (100 kg)

b) comprimento do segmento AM = 5,6 cm

c) comprimento do segmento BM = 2,8 cm

d) $Ri_A = 2,8/8,4$

e) $Ri_B = 5,6/8,4$

$$q_A = 2,8/8,4 \times 100 \text{ kg} = 33,3 \text{ kg}$$

$$q_B = 5,6/8,4 \times 100 \text{ kg} = 66,7 \text{ kg}$$

Portanto, em 100 kg da mistura teremos 33,3 kg de A e 66,7 kg do alimento B.

Verificação:

Alimento	Quantidade (kg)	PD (kg)	NDT (kg)
A.....	33,3	2,33	26,64
B.....	66,7	10,00	43,35
M.....	100	12,33	69,99

Observações. Para facilitar os cálculos, devemos substituir as medidas de comprimento da reta e dos segmentos mencionados pelas suas projeções sobre um dos eixos, utilizando-se nesse caso o papel quadriculado ou quando se desejar maior precisão, o papel milimetrado.

Usando-se o papel quadriculado e os mesmos dados do problema anterior, teremos as seguintes projeções sobre o eixo das ordenadas:

$$\text{reta AB} = 15 \text{ (quadrículos)}$$

$$\text{segmento AM} = 10 \quad \text{"}$$

$$\text{segmento BM} = 5 \quad \text{"}$$

$$A = 5/15 \times 100 \text{ kg} = 33,3 \text{ kg}$$

$$B = 10/15 \times 100 \text{ kg} = 66,7 \text{ kg}$$

Outra observação, refere-se a quantidade de ração a ser calculada. Quando se deseja obter uma determinada quantidade de ração balanceada diferente de 100 kg é claro que basta multiplicarmos a relação indicativa de cada alimento pela quantidade Q desejada.

Assim, as quantidades dos ingredientes A e B para a composição de 80 kg da mesma mistura M serão:

$$A = 5/15 \times 80 \text{ kg} = 26,7 \text{ kg}$$

$$B = 10/15 \times 80 \text{ kg} = 53,3 \text{ kg}$$

Obtenção de misturas com três componentes

Vamos calcular uma mistura M que tenha 16% de PD e 72% de NDT, utilizando-se três alimentos, sendo os dois anteriores A e B e um terceiro C, com 23% de PD e 76% de NDT.

Inicialmente organiza-se o gráfico e nêle localizam-se os pontos referentes aos alimentos que deverão compor a mistura. (Fig. 2)

Êsses três pontos formam o triângulo ABC, dentro do qual estarão todos os pontos correspondentes às misturas possíveis entre êsses alimentos. Assim,

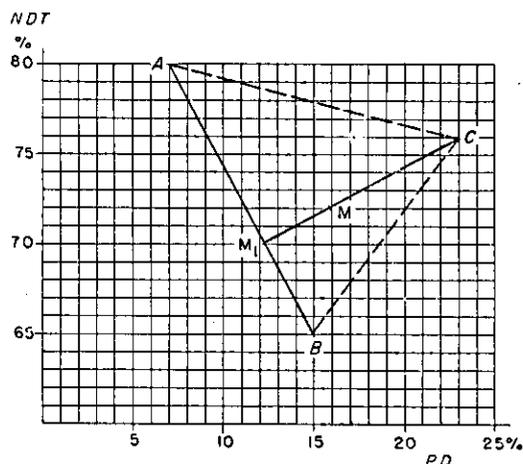


FIG. 2. Mistura M baseada em três componentes (A, B e C) e duas imposições (NDT e PD).

se desejarmos uma mistura indicada por um ponto que se localize fora desse triângulo, essa mistura é irrealizável com os alimentos dados.

No presente exemplo, M (mistura desejada), encontra-se no interior do referido triângulo e, portanto, poderá ser obtida partindo-se dos alimentos dados.

Cálculos da mistura. Como já vimos, ligando-se dois desses pontos por uma reta AB por exemplo, ela representará todas as misturas possíveis entre esses dois componentes.

Traçando-se uma segunda reta, desde o ponto C até a reta AB, com a condição de passar pelo ponto M, teremos o gráfico completado, ou seja, a mistura calculada graficamente.

Nesse gráfico, M_1 é a mistura preliminar de A com B, e M a mistura final resultante da combinação de C com M_1 .

Regra para a determinação das quantidades dos componentes. A quantidade de cada alimento componente de uma ração é obtida multiplicando-se seu Ri pelos Ri das misturas preliminares das quais esse alimento faz parte e ainda pela quantidade Q da mistura que se deseja preparar.

Neste problema, com três componentes, temos os seguintes dados:

Alimentos	PD (%)	NDT (%)
A.....	7	80
B.....	15	65
C.....	23	76
M.....	16	72

Dados tirados da Fig. 2:

Projeções de AB =	15	$CM_1 = 10,6$
AM ₁ =	10	CM = 7,0
BM ₁ =	5	$M_1M = 3,6$

As relações indicativas dos alimentos são:

$$Ri_B = AM_1/AB = 10/15$$

$$Ri_A = BM_1/AB = 5/15$$

$$Ri_{M_1} = CM/CM_1 = 7/10,6$$

$$Ri_C = M_1M/CM_1 = 3,6/10,6$$

Desejando-se obter 100 kg da ração, teremos:

$$q^A = 5/15 \times 7/10,6 \times 100 \text{ kg} = 22 \text{ kg}$$

$$q^B = 10/15 \times 7/10,6 \times 100 \text{ kg} = 44 \text{ kg}$$

$$q^C = 3,6/10,6 \times 100 \text{ kg} = 34 \text{ kg}$$

100 kg

Verificação:

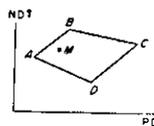
Alimentos	q (kg)	PD (kg)	NDT (kg)
A.....	22	1,54	17,6
B.....	44	6,60	28,6
C.....	34	7,82	25,8
M.....	100	15,96	72,0

Obtenção de mistura com quatro componentes

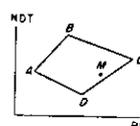
Vamos no presente exemplo, calcular M, misturando-se quatro alimentos.

Vimos, anteriormente, que o ponto representativo de M quando se trata de três componentes, fica obrigatoriamente no interior do triângulo formado pelos pontos correspondentes a esses componentes.

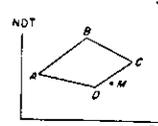
Podemos generalizar essa regra para quando houver três ou mais componentes, da seguinte maneira: a mistura só será exequível quando o ponto M ficar no interior do polígono formado pelas retas mais externas que ligam entre si todos os pontos representativos dos alimentos.



Exequível



Exequível



Não exequível

Problema

Calcular a mistura M com 15,5% de PD e 73,5% de NDT utilizando-se os alimentos A, B, C, e D. Dados:

Alimentos	PD(%)	NDT(%)
A.....	7	80
B.....	15	65
C.....	23	76
D.....	25	68
M.....	15,5	73,5

Solução gráfica. Traçam-se inicialmente duas retas: AC, representativa das misturas possíveis entre os alimentos A e C e BD, com a mesma finalidade em relação a B e D. (Fig. 3)

Pelo ponto M, que representa a mistura que desejamos, deverá passar a terceira reta, ligando as

duas primeiras. As junções dessa reta com as primeiras serão designadas pela letra M seguida de um índice indicando as misturas preliminares dos componentes.

Neste exemplo, M_1 indica a mistura preliminar de A com C e M_2 a mistura preliminar de B com D.

A citada terceira reta, que liga as duas primeiras, poderia ter várias posições, atendendo em tôdas, a condição de passar por M. Tôdas essas posições satisfariam ao balanceamento desejado com relação aos teores em PD e NDT. Entretanto, essas diversas posições representarão, como veremos mais adiante, teores diferentes em fibra, gordura, ou seja, nas demais características da ração.

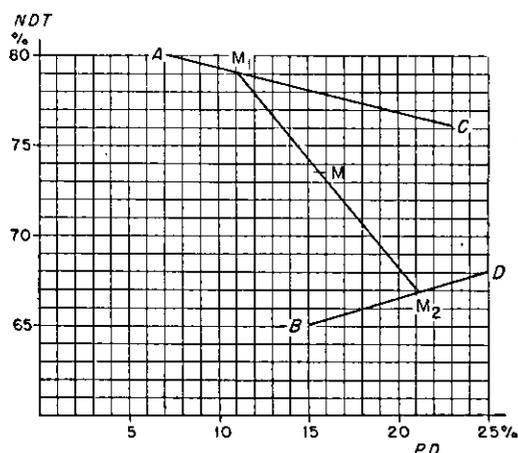


FIG. 3. Mistura M baseada em quatro componentes (A, B, C e D) e duas imposições (NDT e PD).

Verifica-se assim, a importância dessa reta que passa pelo ponto M, pois da sua posição dependem tôdas as características da ração. Assim sendo ela passará a ser designada por *Reta Pilôto*.

De acordo com o gráfico, tendo em vista a regra baseada nos R_i , e Q sendo igual a 100, teremos:

$$\begin{aligned} q^A &= 12/16 \times 6,7/12,2 \times 100 \text{ kg} = 41,2 \text{ kg} \\ q^C &= 4/10 \times 5,5/12,2 \times 100 \text{ kg} = 18,0 \text{ kg} \\ q^B &= 4/16 \times 6,7/12,2 \times 100 \text{ kg} = 13,7 \text{ kg} \\ q^D &= 6/10 \times 5,5/12,2 \times 100 \text{ kg} = 27,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total: } 100,0 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} q^A &= 12/16 \times 6,5 \times 100 \text{ kg} = 40,62 \text{ kg} \\ q^C &= 4/16 \times 6,5 \times 100 \text{ kg} = 13,54 \text{ kg} \\ q^B &= 5,4/11 \times 5,5/12 \times 100 \text{ kg} = 22,50 \text{ kg} \\ q^D &= 3/4 \times 3/4,4 \times 5,6/11 \times 5,5/12 \times 100 \text{ kg} = 11,94 \text{ kg} \\ q^F &= 1/4 \times 3/4,4 \times 5,6/11 \times 5,5/12 \times 100 \text{ kg} = 3,98 \text{ kg} \\ q^E &= 1,4/4,4 \times 5,6/11 \times 5,5/12 \times 100 \text{ kg} = 7,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 100,00 \text{ kg}$$

Como demonstração da exatidão desses cálculos, damos o quadro a seguir:

Alimento	q (kg)	PD (kg)	NDT (kg)
A.....	41,2	2,884	32,960
B.....	18,0	2,700	11,700
C.....	13,7	3,151	10,412
D.....	27,1	6,775	18,428
M.....	100,0	15,510	73,500

Misturas com mais de quatro componentes

Suponhamos uma ração a ser preparada com o mesmo teor da ração anterior, utilizando-se, além dos alimentos A, B, C, e D, dois novos alimentos, E e F, com respectivamente 26 e 22% de PD e 72 e 76% de NDT.

Conforme se verifica na Fig. 4, sempre que houver mais de quatro componentes, podemos estabelecer misturas preliminares entre dois ou mais componentes, tornando deste modo o problema idêntico aos anteriores.

No presente problema, substituímos os três alimentos D, E e F, pela mistura M_2 dos mesmos. Assim, o balanceamento passou a se basear em quatro componentes: A, B, C e M_2 .

Portanto, podemos considerar o número de quatro componentes como caso geral e essa é a razão pela qual, na segunda parte deste trabalho todos os problemas propostos basear-se-ão em quatro componentes.

Conforme os dados do problema temos:

Alimento	PD (%)	NDT (%)
A.....	7	80
B.....	15	65
C.....	23	76
D.....	25	68
E.....	26	72
F.....	29	66
M.....	15,5	73,5

Cálculo das quantidades de cada componente, para Q = 100, de acordo com a regra das relações indicativas dos alimentos:

$$\begin{aligned} q^A &= R_{iA} \times R_{iM_4} \times 100 \text{ kg} \\ q^C &= R_{iC} \times R_{iM_4} \times 100 \text{ kg} \\ q^B &= R_{iB} \times R_{iM_3} \times 100 \text{ kg} \\ q^D &= R_{iD} \times R_{iM_1} \times R_{iM_2} \times R_{iM_3} \times 100 \text{ kg} \\ q^F &= R_{iF} \times R_{iM_1} \times R_{iM_2} \times R_{iM_3} \times 100 \text{ kg} \\ q^E &= R_{iE} \times R_{iM_2} \times R_{iM_3} \times 100 \text{ kg} \end{aligned}$$

Substituindo pelos valores de acordo com o gráfico teremos:

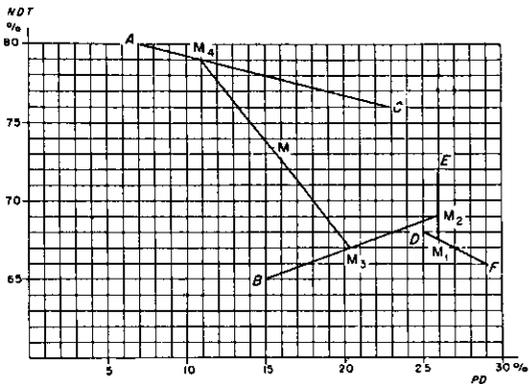


FIG. 4. Mistura M baseada em seis componentes (A, B, C, D, E e F) e duas imposições (NDT e PD).

BALANCEAMENTO DA RAÇÃO COM VÁRIAS IMPOSIÇÕES

Quando tratamos dos cálculos da ração com 4 alimentos e duas imposições, teor em PD e NDT, vimos que várias soluções podiam ser obtidas, tendo em vista as diversas posições que poderiam ter a reta piloto, na composição gráfica da ração.

O assunto a ser exposto agora, refere-se somente a escolha da posição dessa reta, uma vez que, as demais imposições, como sejam, teor em fibra, gordura, preço de custo, dela dependerão como veremos a seguir.

Representação gráfica das rações com três imposições

O teor em gordura será a nova imposição que faremos à ração além das referentes à PD e NDT. Para a elaboração desse gráfico, usaremos um sistema de coordenadas complementares.

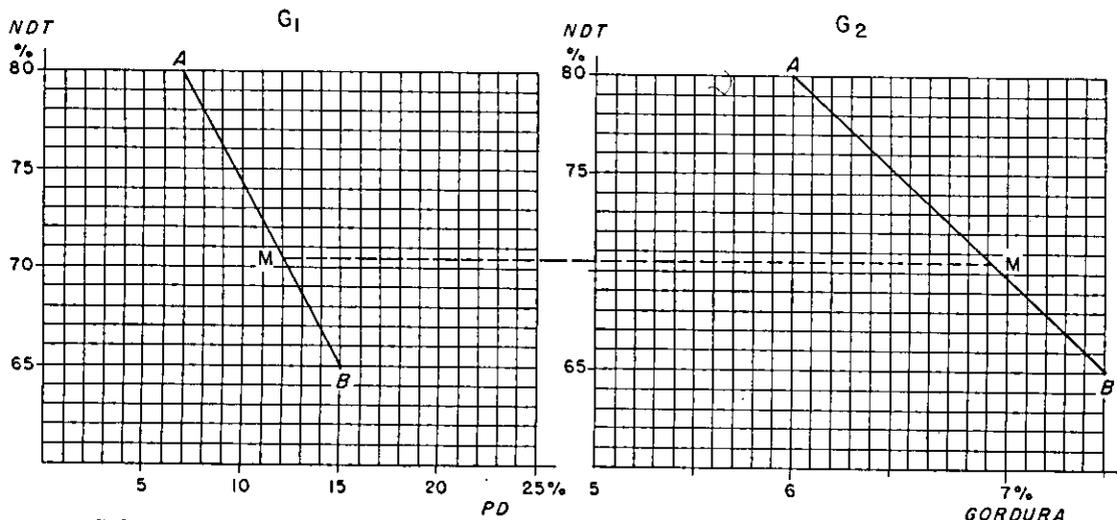


FIG. 5. Mistura M baseada em dois componentes (A e B) e três imposições (NDT, PD e Gordura).

Traçam-se dois gráficos complementares, G₁ e G₂, (Fig. 5), em que os dois eixos das ordenadas indicam as variações de NDT e os dois eixos das abscissas indicam as variações de PD em G₁ e de gordura em G₂.

A representação nesse sistema, de um alimento A, com 80% de NDT, 7% de PD e 6% de gordura, será feita da maneira já vista, no que se refere a PD e NDT na parte G₁ e, da mesma forma, quanto à NDT e gordura na parte G₂ do gráfico.

Se colocarmos um segundo ponto B, nesse sistema, representando outro alimento com 65% de PD e 7,5% de gordura, e unindo esses dois pontos por uma reta, em G₁ e G₂, teremos então completado a Fig. 5.

Nesse gráfico a reta AB representa em G₁ todas as misturas possíveis de A com B sob o ponto de vista de sua composição em NDT e PD e em G₂ no que se refere a NDT e gordura.

Se deslocarmos o ponto que representa a mistura desses dois alimentos desde a posição correspondente a 65% de NDT até 80% concomitantemente teremos em G₁ a variação de PD desde 15 até 7% e em G₂ a variação do teor em gordura desde 7,5% até 6%.

Portanto, quando em G₁ marcamos um ponto representativo de uma mistura de A com B, haverá um ponto correspondente em G₂ ficando assim estabelecida graficamente a relação da terceira variável (gordura), com as duas primeiras. O ponto M, por exemplo, representa uma mistura com 70,5% de NDT, 12% de PD e 6,9% de gordura.

Calculando-se 100 kg dessa mistura, teremos:

Alimentos	NDT (%)	PD (%)	Gordura (%)
A	80,0	7,0	6,0
B	65,0	15,0	7,5

Determinação das quantidades dos componentes:

$$q^A = Ri_A \times Q = 3/8 \times 100 \text{ kg} = 37,5 \text{ kg}$$

$$q^B = Ri_B \times Q = 5/8 \times 100 \text{ kg} = 62,5 \text{ kg}$$

Verificação:

Alimentos	q (kg)	NDT (kg)	PD (kg)	Gordura (kg)
A.....	37,5	30,0	2,625	2,2
B.....	62,5	40,6	9,375	4,7
M.....	100,0	70,6	12,000	6,9

Cálculo de uma ração com três imposições e quatro componentes

Vamos resolver o mesmo problema, dado na primeira parte, relativo a quatro componentes, acrescentando-se porém, como terceira imposição, o preço de custo mínimo.

Alimentos	PD (%)	NDT (%)	Preço/100 kg (Cr\$)
A.....	7	80	6 000,00
B.....	15	65	8 000,00
C.....	23	76	12 800,00
D.....	25	68	11 200,00
M.....	15,5	73,5	Custo mínimo

Inicialmente, traçam-se os gráficos complementares G_1 e G_2 , Fig. 6, por estarem em jôgo três imposições: NDT, PD e preço de custo.

Após situar os pontos representativos dos quatro componentes nesses gráficos, traçam-se duas linhas reunindo os alimentos dois a dois, como por exemplo AC e BD tanto em G_1 como em G_2 .

O melhor critério para a escolha dessas ligações iniciais, consiste em unir-se os pontos indicativos dos alimentos de tal maneira que a reta piloto fique tanto quanto possível perpendicular à abscissa o que facilitará a demarcação dos pontos X e X', nos gráficos complementares, como veremos adiante.

Não obstante, quaisquer que sejam as ligações iniciais, os resultados serão idênticos.

O que significam essas duas retas e a reta piloto, já vimos anteriormente. O campo de variação da reta piloto está delimitado pelas linhas LL' e L_1L_1' o que facilmente se compreenderá analisando-se o gráfico.

A reta piloto ocupando uma das posições dessas duas linhas limites, teremos a determinação gráfica das misturas de preço mínimo ou máximo, que satisfazem aos requisitos exigidos quanto a PD e NDT.

A imposição preço mínimo é satisfeita com a posição LL' para a reta piloto e o seu valor é dado pela projeção do ponto X sobre a abscissa. Esses

pontos X e X' são determinados pela interseção das retas LL' e L_1L_1' com a que representa o valor em NDT da Mistura M.

De acôrdo com os dados tirados do gráfico em G_1 , teremos, para $Q = 100$ quilos:

$$q^A = Ri_A \times Ri_{M1} \times Q = 16,0/16,0 \times 7,7/16,2 \times 100 \text{ kg} = 47,5 \text{ kg}$$

$$q^C = Ri_C \times Ri_{M1} \times Q = 0/16,0 \times 7,7/16,2 \times 100 \text{ kg} = 0$$

$$q^B = Ri_B \times Ri_{M2} \times Q = 1,8/10 \times 8,5/16,2 \times 100 \text{ kg} = 9,5 \text{ kg}$$

$$q^D = Ri_D \times Ri_{M2} \times Q = 8,2/10 \times 8,5/16,2 \times 100 \text{ kg} = 43,0 \text{ kg}$$

Total = 100,0 kg

Verificação

Alimentos	q (kg)	NDT (kg)	PD (kg)	Preço/100 kg (Cr\$)
A.....	47,5	38,00	3,325	2.850,00
C.....	0	—	—	—
B.....	9,5	6,18	1,425	760,00
D.....	43,0	29,29	10,750	4.816,00
M.....	100,0	73,47	15,5	8.426,00

Cálculo de uma ração com quatro componentes e cinco imposições

Com os mesmos alimentos anteriores A, B, C e D, balancearemos 100 kg de ração, observando os seguintes requisitos:

- 1.º PD = 15%
- 2.º NDT = 73,5%
- 3.º Gordura = 4 a 5%
- 4.º Fibra = 10 a 11%
- 5.º Preço mínimo.

Dados:

Alimentos	NDT (%)	PD (%)	Gord. (%)	Fibra (%)	Preço/100 kg (Cr\$)
A.....	80	7	2,3	4,0	6.000,00
B.....	65	15	3,0	9,5	8.000,00
C.....	76	23	7,0	16,0	12.800,00
D.....	68	25	5,8	21,8	11.200,00
M.....	73,5	15,5	4 a 5	10 a 11	Preço mínimo

Tratando-se de cinco imposições, a resolução gráfica compreenderá n-1 gráficos complementares, ou seja, neste caso: G_1 , G_2 , G_3 e G_4 (Fig. 7), com as seguintes funções:

- G_1 — Situa os alimentos em função de NDT e PD
- G_2 — Situa os alimentos em função de NDT e Gordura
- G_3 — Situa os alimentos em função de NDT e Fibra
- G_4 — Situa os alimentos em função de NDT e Preço

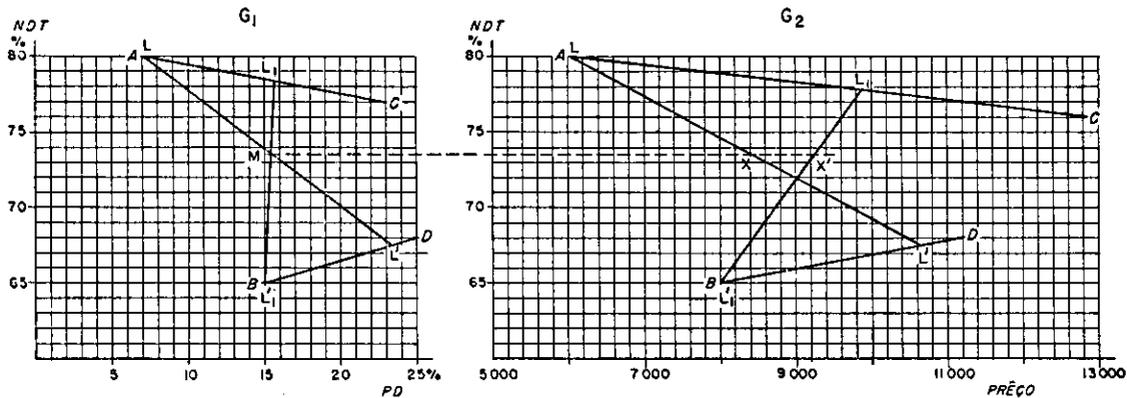


FIG. 6. Mistura M baseada em quatro componentes (A, B, C e D) e três imposições (NDT, PD e Preço de custo mínimo).

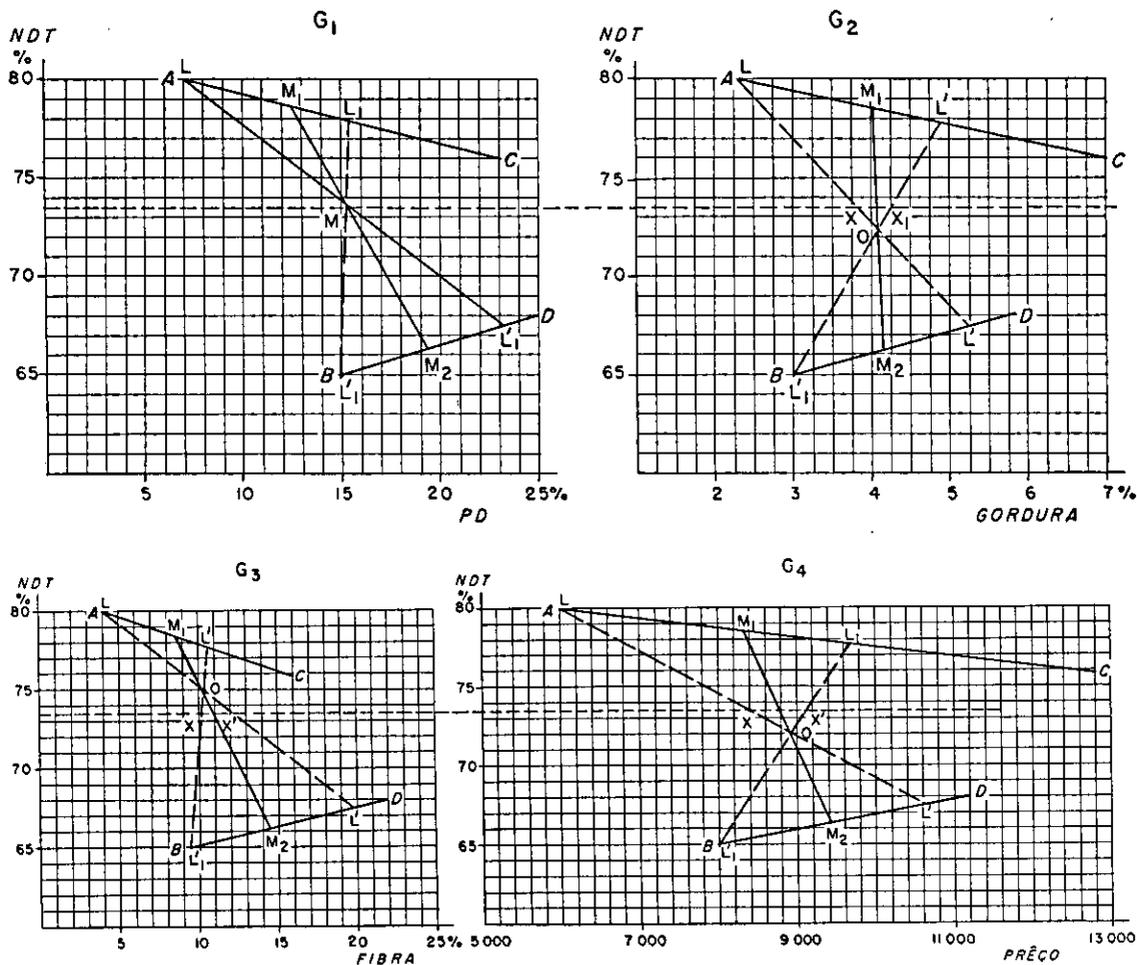


FIG. 7. Mistura M baseada em quatro componentes (A, B, C e D) e cinco imposições (NDT, PD, Gordura, Fibra e Preço).

Localizados os alimentos e organizado o gráfico, conforme as normas já mencionadas, as interseções das linhas LL' e L₁L₁' com o teor em NDT da mistura M, demarcam, em cada um dos gráficos complementares, os pontos X e X' que, como vimos, fixam a amplitude de variação referente a cada imposição nêles representados.

Assim, de acôrdo com Fig. 7 teremos os seguintes limites de variação para essas imposições:

Imposições	Limite máximo	Limite mínimo
NDT.....	73,5%	73,5%
PD.....	15,5%	15,5%
Gordura.....	4,5%	4,1%
Fibra.....	12,2%	10,2%
Preço/100 kg.....	Cr\$ 9.160,00	Cr\$ 8.360,00

Verifica-se que os limites de variação encontrados graficamente, permitem satisfazer, com os alimentos dados, às imposições propostas para a ração M.

Entretanto, o preço mínimo achado para a mistura, Cr\$ 8.360,00 baseado na linha LL' que demarca um dos limites de variação da reta piloto, nos daria uma ração com as seguintes características:

$$\begin{aligned} \text{NDT} &= 73,5\% & \text{PD} &= 15,5\% \\ \text{Gord.} &= 4,1\% & \text{Fibra} &= 12,2\% \end{aligned}$$

A única imposição não atendida é a que se refere a fibra que deveria ser no máximo de 11%.

Se em G₃, onde está representado o teor em fibra, girarmos a reta piloto da posição LL', tomando-se como eixo o ponto O, até a posição M₁M₂ na qual X corresponde a 11%, teremos então essa imposição satisfeita. Com essa modificação a reta piloto sofrerá uma correspondente mudança de posição nos demais gráficos complementares e teremos modificações em tôdas as variáveis.

Analisando-se novamente o gráfico, temos:

$$\begin{aligned} \text{NDT} &\dots\dots\dots 73,5\% \\ \text{PD} &\dots\dots\dots 15,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gordura} &\dots\dots\dots 3,9\% \\ \text{Fibra} &\dots\dots\dots 11,0\% \\ \text{Prêço} &\dots\dots\dots \text{Cr\$ } 8.800,00/100 \text{ kg} \end{aligned}$$

Essa solução gráfica, satisfaz as imposições e podemos agora utilizar os dados do gráfico G₁ (Fig. 7) ou de seus gráficos complementares. Dados:

$$\begin{aligned} \text{Ri}_A &= 10,5/16 & \text{Ri}_{M_1} &= 4/7 \\ \text{Ri}_C &= 5,5/16 & \text{Ri}_{M_2} &= 3/4 \\ \text{Ri}^B &= 5,5/10 & & \\ \text{Ri}_D &= 4,5/10 & Q &= 100 \text{ kg} \\ q^A &= 10,5/16 \times 4/7 \times 100 \text{ kg} = 37,5 \text{ kg} \\ q^C &= 5,5/16 \times 4/7 \times 100 \text{ kg} = 19,6 \text{ kg} \\ q^B &= 5,5/10 \times 3/7 \times 100 \text{ kg} = 23,6 \text{ kg} \\ q^D &= 4,5/10 \times 3/7 \times 100 \text{ kg} = 19,3 \text{ kg} \\ \text{Total} &= 100,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Verificação:

Alimentos	q (kg)	NDT (kg)	PD (kg)	Gord. (kg)	Fibra (kg)	Prêço/100 kg (Cr\$)
A.....	37,5	30,0	2,025	0,863	1,500	2.250,00
B.....	19,6	14,9	4,508	1,372	3,136	2.508,80
C.....	23,6	15,34	3,540	0,708	2,242	1.888,00
D.....	19,3	13,12	4,825	1,119	4,207	2.161,00
M.....	100,0	73,36	15,49	4,062	11,085	8.808,40

Verifica-se assim que a correção do teor em fibra para 11%, acarretou um acréscimo de Cr\$ 448,40 por 100 kg de ração.

REFERÊNCIAS

- Belchior, P. G. O. 1961. Programação linear: noções gerais e aplicação na agricultura. Boletim Técnico n.º 1 do Departamento de Agricultura da Guanabara. Rio de Janeiro, Brasil.
- Estácio, F. B. S. 1961. Técnicas de programação linear, sua aplicação aos problemas econômicos da empresa agrícola. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Campos, H. 1964. A programação linear aplicada ao cálculo de rações. Sem. Exp. Zoot. E. S. A. "Luiz de Queiroz" Piracicaba, S. Paulo, Brasil.

A NEW METHOD FOR BALANCING OF RATIONS

Abstract

The author describes a new method for balancing of rations, based on the cartesian coordinates.

The method is based on some fundamental principles, easily understood, which enable to balance the ingredient at our disposal by means of graphics, after deciding the necessary requirements.

The graphic is of easy rationale and great plasticity. It has a large range of variations which include all possible requirements, including the minimum price for the ration.