






Universidade Federal do Paraná
 Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias
 AZ 753 Tópicos em Produção Animal

Formulação de rações
Programação Linear
X
Estocástica

Prof. Vladimir de Oliveira – DZDR/CCA



 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010






Produção Nacional de Rações

COMPOSIÇÃO: MIL TONELADAS POR ESPÉCIE

SEGMENTO	2004			2005		
	1º Sem.	2º Sem.	TOTAL	1º Sem.	2º Sem.	TOTAL
AVICULTURA	12.108,3	12.345,0	24.453,3	13.076,6	13.581,1	26.657,7
Corte	10.278,7	10.563,0	20.841,7	11.138,0	11.604,7	22.742,7
Postura	1.829,6	1.782,0	3.611,6	1.938,6	1.976,4	3.915,0
SUINOCULTURA	5.581,3	5.971,6	11.552,9	5.996,4	6.396,3	12.392,7
BOVINOCULTURA	2.475,1	2.689,9	5.165,0	2.625,7	2.883,6	5.509,3
Leite	1.907,8	1.876,5	3.784,3	1.926,6	2.067,2	3.993,8
Corte	567,3	813,4	1.380,7	699,1	816,4	1.515,5
PET FOOD	659,9	770,8	1.430,7	688,9	810,0	1.498,9
EQUINOCULTURA	147,6	152,4	300,0	147,6	152,4	300,0
AQUICULTURA (Peixes)	65,0	65,0	130,0	68,0	77,0	145,0
AQUICULTURA (Camarões)	60,0	60,0	120,0	59,0	66,0	125,0
Outros Segmentos	135,6	164,5	300,1	285,0	295,0	580,0
TOTAIS	21.232,8	22.219,2	43.452,0	22.947,2	24.261,4	47.208,6



 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

ALIMENTAÇÃO ANIMAL PRODUÇÃO 2009 E PROJEÇÕES 2010

SEGMENTO	2009	2010*	%
AVES	32,64	33,39	2,3
FRANGOS	27,82	28,38	2,0
PODEIRAS	4,82	5,01	4,0
SUÍNOS	15,33	15,94	4,0
BOVINOS	6,78	7,28	7,3
LEITE	4,42	4,73	7,0
CORTE	2,36	2,55	8,0
CÃES E GATOS	1,93	2,01	4,3
EQUINOS	0,56	0,58	3,4
AQUACULTURA	0,380	0,429	12,9
PEIXES	0,300	0,345	15,0
CAMARÕES	0,080	0,084	5,0
OUTROS	0,74	0,75	1,2
TOTAL RAÇÕES	58,4	60,4	3,5
SAL MINERAL	1,8	1,89	5,0
TOTAL	60,2	62,3	3,5

Fonte: Sindicatos
 * Projeção



 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010











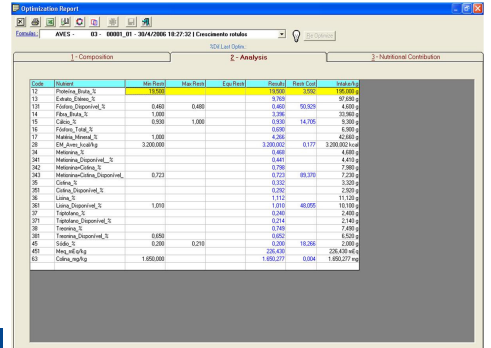
 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010









 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010






 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

Programação linear

- ✓ Método usado para formular rações de mínimo custo.
- ✓ Desenvolvido em 1947 para auxiliar a resolver problemas da US Air Force.
- ✓ Consiste em encontrar a combinação de ingredientes capaz de atender as restrições impostas com o menor custo.

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


Programação linear

- ✓ Matematicamente a solução para o problema consiste em determinar os valores para as incógnitas x_1, x_2, \dots, x_n minimizando função objetivo Z .

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

C_i = Coeficientes da função objetivo (custo dos ingredientes, p.ex.)

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


Programação linear

- ✓ A minimização deve ocorrer sem que as “m” restrições sejam afetadas.

$$\begin{matrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (<, >, =) b_1 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (<, >, =) b_m \\ x_1, \dots, x_n \geq 0 \end{matrix}$$


a_{ij} = Coeficientes técnicos (composição nutricional dos ingredientes, p.ex.)
 b_i = Coeficientes RHS (Right hand side), representam as restrições ou exigências quanto aos níveis de proteína, energia, peso da mistura, etc...


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

Programação linear


- ✓ Resolver o sistema proposto significa encontrar os valores de x_1 a x_n que otimizam a função objetivo, mas que, ao mesmo tempo, satisfaçam as restrições indicadas no sistema.
- ✓ Se as restrições forem limitadas a duas variáveis pode-se resolver o problema através da abordagem gráfica.


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

Programação linear


Milho	Far. Soja	=	RESTRICÕES	
0.3 X	0.75 Y	=	MINIMIZAR	CUSTO
3.38 X	2.24 Y	=	3.15	EM
0.09 X	0.46 Y	>=	0.16	PB
1 X	1 Y	=	1	VOLUME

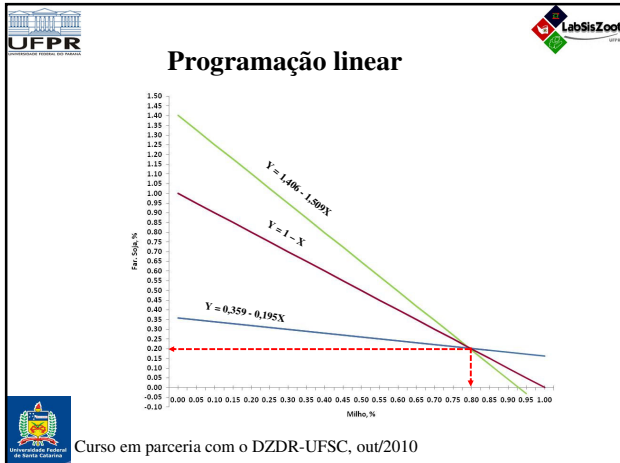
 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

Programação linear

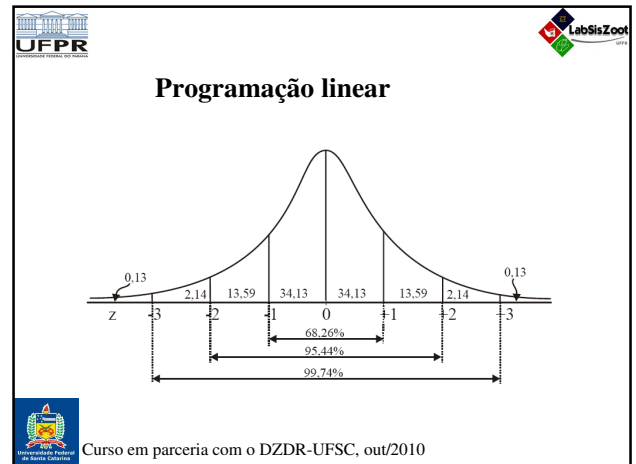
	Milho	Far. Soja			
	0.798	0.202			
EM	3.38	2.24	3.15	>	3.15
PB	0.09	0.46	0.165	>□	0.16
Quantidade	1	1	1	>	1
Custo	0.3	0.75	0.391		

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010



- UFPR
- LabSisZoot
- ### Programação linear
- ✓ Na aplicação prática da programação linear utiliza-se o valor médio dos nutrientes contidos nos alimentos e também nas exigências nutricionais
 - ✓ A variação na composição dos nutrientes é bastante elevada em alguns casos e ocorre devido a fatores como processamento, adubação, genética, etc.
 - ✓ Há também a fonte de variação intra e inter laboratorial .
- Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

- UFPR
- LabSisZoot
- ### Programação linear
- ✓ Para um determinado ingrediente sabe-se que 50% das vezes o teor de nutriente estará acima da média e 50% das vezes estará abaixo da média.
 - ✓ Na programação linear o uso do valor médio implica que os resultados obtidos são associados a 50% de chance de atender as exigências nutricionais.
- Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010



UFPR


LabSisZoot

Programação linear

Probabilidade	Escore Z
50	0.00
60	0.26
69	0.50
70	0.53
80	0.83
90	1.29
95	1.65

Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

- UFPR
- LabSisZoot
- ### Programação linear
- ✓ Na tentativa de amenizar o impacto da variabilidade dos nutrientes na qualidade do produto final e garantir que o alimento atende as especificações determinadas foi sugerido o uso de uma **MARGEM DE SEGURANÇA**.
- Ajuste pela subtração de 0,5 do desvio padrão do nutriente
- Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


Programação linear

Ingrediente	Proteína, %	Desvio Padrão
Far. Soja	44,5	1,4

$$44,5 - (1,4 / 2) = 43,8$$


Assim foi proposto que os valores com essas **MARGENS DE SEGURANÇA** poderiam substituir os valores originais na programação linear .


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

Programação linear

INGREDIENTE	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MARGEM DE SEGURANÇA
Milho	8.7	0.8	8.3
Far. Soja	48.8	0.4	48.6
Far. Glúten	65.2	1.6	64.4
Far. Carne e Ossos	49.3	3.2	47.7
DL-Metionina	58.6	0	58.6


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 

Programação linear

Quantas amostras de um determinado nutriente em um alimento eu preciso analisar?

Quanto mais amostras de um alimento forem analisadas, maior é a confiança de que a média das amostras é a verdadeira média

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 


Programação linear


Na maioria dos casos o nível de confiança de 0,95 é considerado satisfatório.

$$N = 4 S^2 / L^2$$

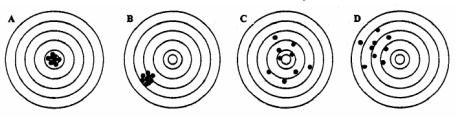
N = Número de amostras
 S² = Variância do nutriente
 L = Nível de erro desejado

Variância proteína: Milho (0,8), F.Soja (2,0), FCO (3,2)


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 

Programação linear



A Exato e Preciso B Preciso C Exato D Não preciso e não exato

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


Programação linear

Ingredientes Importantes para Avaliar PB e AAs?
 Ração Milho + Farelo de Soja

Ingrediente	Cresc.	DP				Contribuição Relativa no DP			
		PB	Lis D	M+C D	Treo D	PB	Lis D	M+C D	Treo D
Milho	89,00	0,47	0,01	0,02	0,02	32%	11%	33%	29%
F.Soja	31,90	1,01	0,08	0,04	0,05	68%	89%	67%	71%
DL-Met	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0%	0%
L-Lis-HCl	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0%	0%
Outros	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0%	0%	0%	0%
Total	100	1,48	0,09	0,06	0,07				


Fonte: Degussa, 2006


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 


Programação linear


$8.7 - (0.5 * 0.8) \text{ Milho} + 48,8 - (0.5 * 0.4) \text{ Far. Soja} \geq 23$
 ou
 $8.3 \text{ Milho} + 48,6 \text{ Far. Soja} \geq 23$

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


	PL50	PL69
Milho	59.33	57.91
Far. Soja	22.35	23.55
Gordura Animal	4.38	4.60
Far. Glúten	3.00	3.00
Far. Carne e Ossos	10.00	10.00
Fosfato Bicálcico	0.35	0.35
Sal	0.25	0.25
Vit./Min.	0.25	0.25
DL-Metionina	0.09	0.08
Custo, \$/ton	177.69	178.70
Proteína, %	23,00	23,00
Proteína ajustada, %	23,00	23,46
Probabilidade, %	50	69
Probabilidade ajustada, %	50	80

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 

	PL50	PL69	% PB	PL50	PL69	% PB	PL69
Milho	59.33	57.91	8.7	5.16	4.807	8.3	5.04
Far. Soja	22.35	23.55	48.8	10.91	11.45	48.6	11.49
Gordura Animal	4.38	4.60	-	-	-	-	0.00
Far. Glúten	3.00	3.00	65.2	1.96	1.932	64.4	1.96
Far. Carne e Ossos	10.00	10.00	49.3	4.93	4.77	47.7	4.93
Fosfato Bicálcico	0.35	0.35	-	-	-	-	0.00
Sal	0.25	0.25	-	-	-	-	0.00
Vit./Min	0.25	0.25	-	-	-	-	0.00
DL-Metionina	0.09	0.08	58.6	0.05	0.047	58.6	0.05
				23.00	23.00		23.46


 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 

Programação linear

$$DP_{\text{nutriente}} = \sqrt{(x_1 S_1)^2 + (x_2 S_2)^2 + \dots + (x_n S_n)^2}$$

$DP_{\text{nutriente}}$ = Desvio padrão do nutriente na ração
 x_n = Proporção do $n^{\text{ésimo}}$ ingrediente
 S_n = Desvio padrão do nutriente no $n^{\text{ésimo}}$ ingrediente

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


UFPR 


Programação linear

$$DP_{\text{proteína}} = \sqrt{(0.5791 * 0.8)^2 + (0.2355 * 0.4)^2 + (0.03 * 1.6)^2 + (0.10 * 3.2)^2 + (0.0008 * 0)^2}$$

$$DP_{\text{proteína}} = \sqrt{0.2146 + 0.0089 + 0.0023 + 0.1024 + 0}$$

$$DP_{\text{proteína}} = \sqrt{0.3282} = 0,5729$$

 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR 


Programação linear



$$Z = (\text{teor nutriente ajustado} - \text{teor nutriente}) / DP_{\text{nutriente}}$$

$$Z = (23,46 - 23,0) / 0,5729$$


$$Z = 0.8029$$

A probabilidade associada a esse valor de Z é **0.7890**



 Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

	PL50	PL69
Milho	59.33	57.91
Far. Soja	22.35	23.55
Gordura Animal	4.38	4.60
Far. Glúten	3.00	3.00
Far. Carne e Ossos	10.00	10.00
Fosfato Bicálcico	0.35	0.35
Sal	0.25	0.25
Vit./Min.	0.25	0.25
DL-Metionina	0.09	0.08
Custo, \$/ton	177,69	178,70
Proteína, %	23,00	23,00
Proteína ajustada, %	23,00	23,46
Probabilidade, %	50	69
Probabilidade ajustada, %	<u>50</u>	<u>79</u>




Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010



Programação linear

Pressuposições do (modelo) programação linear

1. Valores da função objetivo e restrições não variam.
2. Proporcionalidade (%, kg, etc) são consistentes entre as equações.
3. Aditividade
4. Divisibilidade (Soluções são divisíveis. Podem se números irracionais).
5. As respostas ou variáveis são valores positivos.




Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010






Programação estocástica

A programação estocástica é um procedimento não linear para formular rações que, efetivamente, incorpora a variabilidade no processo dentro de um nível de certeza conhecido.



Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


Programação estocástica

Exemplo de como os métodos linear e não linear lidam com os ajustes



$$\sqrt{9} + \sqrt{16} = 7 \quad \text{linear}$$

$$\sqrt{9 + 16} = 5 \quad \text{estocástico}$$


O procedimento linear superestima a correção





Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

	PL50	PL69	SP50	SP69
Milho	59.33	57.91	59.33	58.46
Far. Soja	22.35	23.55	22.35	23.09
Gordura Animal	4.38	4.60	4.38	4.38
Far. Glúten	3.00	3.00	3.00	3.00
Far. Carne e Ossos	10.00	10.00	10.00	10.00
Fosfato Bicálcico	0.35	0.35	0.35	0.35
Sal	0.25	0.25	0.25	0.25
Vit./Min.	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-Metionina	0.09	0.08	0.08	0.08
Custo, \$/ton	177,69	178,70	177,69	178,31
Proteína, %	23,00	23,00	23,00	23,28
Proteína ajustada, %	23,00	23,46	23,00	23,28
Probabilidade, %	50	69	50	69
Probabilidade ajustada, %	<u>50</u>	<u>79</u>	<u>50</u>	<u>69</u>



Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010


Programação estocástica

$$Z = (\text{teor nutriente ajustado} - \text{teor nutriente}) / DP_{\text{nutriente}}$$

$$Z = (23,28 - 23,0) / 0,5729$$

$$Z = 0.4887$$

A probabilidade associada a esse valor de Z é **0.6875**



Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR

LabSisZoot

	PB, %	CV PB %	Lisina, %	CV Lisina %
Milho	8.37	12.3	0.25	12.1
Milho Alto Óleo	8.62	9.4	0.26	8.4
Farinha Penas	81,21	4.8	2,14	14.5
Farinha Peixes	61.26	12.8	4.20	21.8
Farinha Carne	48.87	15.7	2.25	21.8
Farelo Soja, 44	43.80	3.7	2.64	6.5
Farelo Soja, 48	47.64	2.3	2.91	3.4

•Padronizado para 88% de MS.
•FONTE: Degussa. Amino Dat 3.0 (2006)

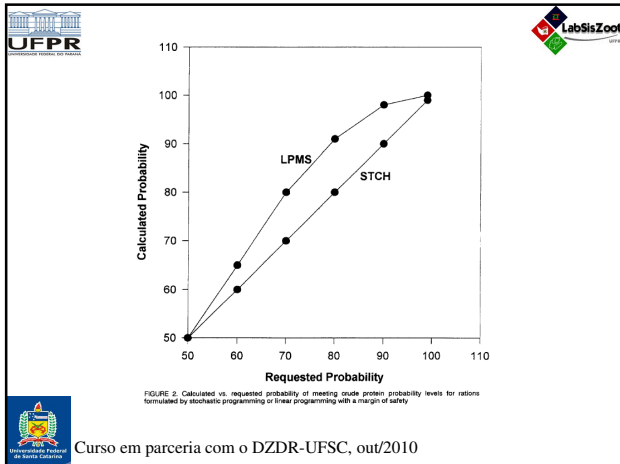
Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010

UFPR

LabSisZoot

Custo	FCO	FS	MILHO	Valor Final	Restricao	Conteudo Medio	Valor Linear
	72	77	39				
PB	45	48.5	8.8	15.406	15	15.41	15.0
PB_SD	8	2	0.8	1.29	0	1.29	
GORD	10	4	3	3.46	2	3.46	
FIBRA	0.2	3	2	2.02	3	2.02	
PESO	1	1	1	1	1	1	
SIGMA ² Xj ²	0.16	0.0489	0.451				
Quantidades	0.05	0.110	0.839				
Custo Ingrediente	3.6	8.514	32.737				
Custo Total	44.852						
Valor Z	0.5						
DP proteina	0.812						
Valor Z	0.5						
Probabilidade	0.691						

Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010



UFPR

LabSisZoot

Bibliografia consultada

Péres, C.P. & Marques, P.V. Manual de cálculo de rações de custo mínimo com uso de microcomputadores (versão preliminar). ESALQ, 1988, 199p.

Pesti, G. M.; Seila, A.E. The use of an electronic spreadsheet to solve linear and non-linear "stochastic" feed formulation problem. Journal Applied Poultry Science. v.8, p. 110-121, 1999.

Roush, W. et al. Computer formulation observations and caveats. Journal Applied Poultry Science. v.5, p. 116-125, 2007.

Curso em parceria com o DZDR-UFSC, out/2010